This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

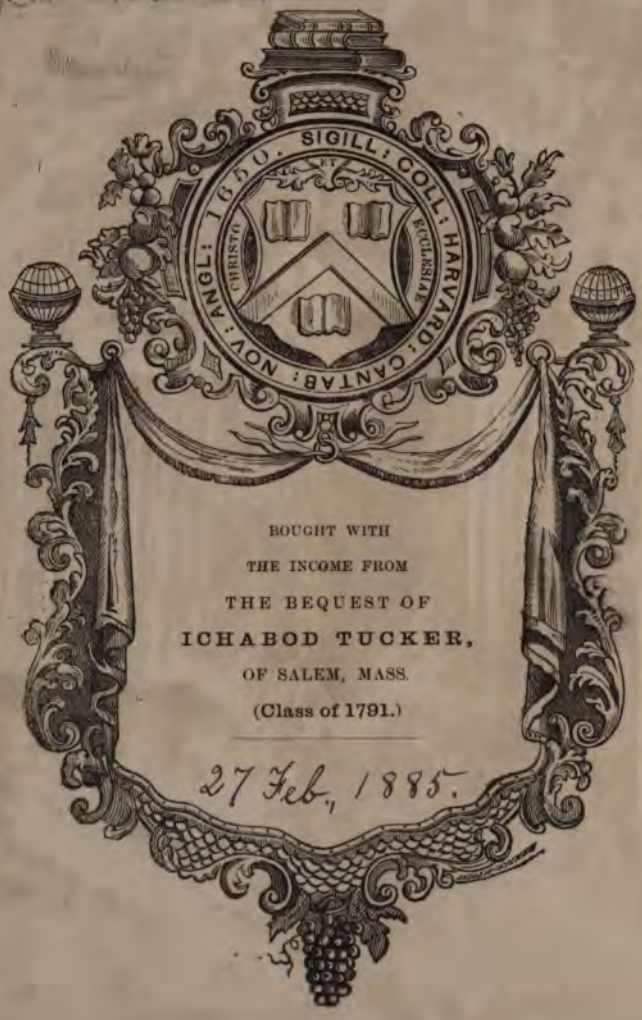
+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

KF
Z4002
NEDL TRANSFER
HN 5K1C Z

ISF 24002



BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
ICHABOD TUCKER,
OF SALEM, MASS.
(Class of 1791.)

27 Feb., 1885.

4146

DIE

ENTSTEHUNG DER ALPEN

VON

EDUARD SUESS.

© WIEN, 1875.

WILHELM BRAUMÜLLER

K. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER.

~~V. 2028~~
~~Geol 5608.75~~
KF 24002
FEB 27 1885
Tucker fund.

Das Recht der Uebersetzung ist vorbehalten.

INHALT.

Seite

Erster Abschnitt. Verschiedenheit der Meinungen über die Entstehung grosser Gebirge. — Anwendung einer falschen Auffassung der vulcanischen Erscheinungen auf die Centralmassen. — Contrast der vereinzelten Centralmassen und der Stetigkeit der äusseren Falten. — Das Alpen-System. — Stauungen des Aussenrandes des Jura und der Ostalpen. — Verschiedenheit der alpinen Sedimente. — Hervortreten der Horizontalität der Bewegungen 1

Zweiter Abschnitt. Die Einseitigkeit der einzelnen Zweige des Alpen-Systems. — Appennin. — Westalpen. — Juragebirge. — Ostalpen. — Das Auseinandertreten derselben in einseitigen Ketten. — Karpathen. — Ungarisches Mittelgebirge. — Croatisch-slavonische Gebirgszüge. — Dinarische Alpen. — Gemeinsamkeit der Entstehungsursache für das ganze Alpen-System 26

Dritter Abschnitt. Balkan. — Kaukasus. — Ararat. — Nothwendigkeit die gegenwärtigen Anschauungen zu verlassen. — Dana's Ansichten. — Uebereinstimmung der thatsächlichen Verhältnisse mit Nordamerika. — Senkung der Innenränder. — Alter der einzelnen Zweige des Alpen-Systems. — Fortdauer der bewegenden Kraft. — Vulcanismus des innersten Zweiges. — Horizontale Verschiebung einzelner Stücke. — Prevost's Senkungs-Hypothese nicht zureichend . 47

Vierter Abschnitt. Die den Alpen vorliegenden Massen. — Alter Bruch zwischen der böhmischen und der sudetischen Scholle. — Erneuerung desselben; Hinabdrücken der sudetischen Scholle. — Ansichten von Rogers und Moyssisovics. — Bewegung der Massen. — Böhmerwald, bairisches Grenzgebirge, Erzgebirge, Riesengebirge. — Harz, Weserkette. — Ausnahme für den Teutoburger Wald. — Taunus, Belgische Kohlenmulde und ihre Fortsetzung nach England. — Weald, Insel Wight, Pays de Braye. — Schlussfolgerungen. — Erdbebenlinie 67

Fünfter Abschnitt. Faltungen gegen Süd und Südwest. — Val Sugana und S. Orso. — Istrien und der Karst. — Isergebirge. — Teutoburger Wald 86

Seite

Sechster Abschnitt. Geosynclinalen. — Pelagische Sedimente des Alpen-Systems. — Alte Thierformen. — Lückenhaftigkeit der sedimentären Serie in vielen Gegenden. — Verbreitung der Cenoman-Stufe in der nördlichen Hemisphäre. — Die Allgemeinheit der Transgression. — Scheinbares Zusammenfallen der grossen Transgressionen und der Eiszeiten. — Periodicität solcher Erscheinungen . 96

Siebenter Abschnitt. Vorherrschend nördliche Richtung in Nordamerika und Europa. — Störungen im Meridian; Rothes Meer und Jordan-Spalte; Ural; die westlichen Ghats. — Geosynclinale des südlichen Himalaya. — Querprofil vom Südfusse des Himalaya zur Semiretschenskischen Ebene. — Nankukette und mongolisches Grenzgebirge in China. — Vorherrschend südliche Richtung in Central-Asien 121

Achter Abschnitt. Keine geometrische Anordnung. — Entstehung der Gebirge durch ungleiche Contraction. — Erhebung von Schweden. — Die Hüllen des Erdkörpers. — Die Erde als veränderlicher Stern . 145

INHALT.

Seite

Erster Abschnitt. Verschiedenheit der Meinungen über die Entstehung grosser Gebirge. — Anwendung einer falschen Auffassung der vulcanischen Erscheinungen auf die Centralmassen. — Contrast der vereinzelten Centralmassen und der Stetigkeit der äusseren Falten. — Das Alpen-System. — Stauungen des Aussenrandes des Jura und der Ostalpen. — Verschiedenheit der alpinen Sedimente. — Hervortreten der Horizontalität der Bewegungen 1

Zweiter Abschnitt. Die Einseitigkeit der einzelnen Zweige des Alpen-Systems. — Appennin. — Westalpen. — Juragebirge. — Ostalpen. — Das Auseinandertreten derselben in einseitigen Ketten. — Karpathen. — Ungarisches Mittelgebirge. — Croatisch-slavonische Gebirgszüge. — Dinarische Alpen. — Gemeinsamkeit der Entstehungsursache für das ganze Alpen-System 26

Dritter Abschnitt. Balkan. — Kaukasus. — Ararat. — Nothwendigkeit die gegenwärtigen Anschauungen zu verlassen. — Dana's Ansichten. — Uebereinstimmung der thatsächlichen Verhältnisse mit Nordamerika. — Senkung der Innenränder. — Alter der einzelnen Zweige des Alpen-Systems. — Fortdauer der bewegenden Kraft. — Vulcanismus des innersten Zweiges. — Horizontale Verschiebung einzelner Stücke. — Prevost's Senkungs-Hypothese nicht zureichend . 47

Vierter Abschnitt. Die den Alpen vorliegenden Massen. — Alter Bruch zwischen der böhmischen und der sudetischen Scholle. — Erneuerung desselben; Hinabdrücken der sudetischen Scholle. — Ansichten von Rogers und Moyssisovics. — Bewegung der Massen. — Böhmerwald, bairisches Grenzgebirge, Erzgebirge, Riesengebirge. — Harz, Weserkette. — Ausnahme für den Teutoburger Wald. — Taunus, Belgische Kohlenmulde und ihre Fortsetzung nach England. — Weald, Insel Wight, Pays de Braye. — Schlussfolgerungen. — Erdbebenlinie 67

Fünfter Abschnitt. Faltungen gegen Süd und Südwest. — Val Sugana und S. Orso. — Istrien und der Karst. — Isergebirge. — Teutoburger Wald 86

Seite

Sechster Abschnitt. Geosynclinalen. — Pelagische Sedimente des Alpen-Systems. — Alte Thierformen. — Lückenhaftigkeit der sedimentären Serie in vielen Gegenden. — Verbreitung der Cenoman-Stufe in der nördlichen Hemisphäre. — Die Allgemeinheit der Transgression. — Scheinbares Zusammenfallen der grossen Transgressionen und der Eiszeiten. — Periodicität solcher Erscheinungen . 96

Siebenter Abschnitt. Vorherrschend nördliche Richtung in Nordamerika und Europa. — Störungen im Meridian; Rothes Meer und Jordan-Spalte; Ural; die westlichen Ghats. — Geosynclinale des südlichen Himalaya. — Querprofil vom Südfusse des Himalaya zur Semiretschenskischen Ebene. — Nankukette und mongolisches Grenzgebirge in China. — Vorherrschend südliche Richtung in Central-Asien 121

Achter Abschnitt. Keine geometrische Anordnung. — Entstehung der Gebirge durch ungleiche Contraction. — Erhebung von Schweden. — Die Hüllen des Erdkörpers. — Die Erde als veränderlicher Stern . 145

ERSTER ABSCHNITT.

Verschiedenheit der Meinungen über die Entstehung grosser Gebirge. — Anwendung einer falschen Auffassung der vulcanischen Erscheinungen auf die Centralmassen. — Contrast der vereinzelten Centralmassen und der Stetigkeit der äusseren Falten. — Das Alpen-System. — Stauungen des Aussenrandes des Jura und der Ost-Alpen. — Verschiedenheit der alpinen Sedimente. — Hervortreten der Horizontalität der Bewegungen.

Ein herrliches Hochgebirge, die Alpen, schmückt die Mitte unseres Welttheils. Jährlich durchziehen es Schaaren von Forschern, um in wetteifernder Anstrengung sein Gefüge zu ergründen; wenn man aber Einen unter ihnen frägt, wie denn wohl die Alpen entstanden sein mögen, so muss zugestanden werden, dass in den letzten Jahrzehnten zwar eine grosse Anzahl von Stücken des Baurisses mit grosser Gewissenhaftigkeit festgestellt worden ist, dass aber über das Wesen der aufthürmenden Kraft noch sehr widerstreitende Meinungen bestehen.

So viel ist sicher, dass man mit dem Fortschreiten der Beobachtungen gelernt hat, die vorhandenen Störungen der ursprünglichen Lagerung mit einem immer grösseren Massstabe zu messen. Es ist aber gewiss eben so wahr, dass die Alpen nicht durch andere Kräfte erzeugt worden sind, als die übrigen

Gebirgszüge der Erdoberfläche, und dass folglich die Erforschung der Ursachen ihrer Entstehung gleichbedeutend sein muss mit dem Versuche, die Ursachen des Reliefs der Erdoberfläche überhaupt zu ermitteln, insoweit nämlich die äusseren Formen nicht durch die zerstörenden oder neubildenden Einflüsse der Atmosphäre, des Wassers, des Eises oder durch andere secundäre Erscheinungen verändert sind.

Wollen wir zunächst die am meisten verbreiteten Ansichten über das primum agens der Gebirgsbildung betrachten.

Die in unseren Lehrbüchern herrschende und von deutschen Geologen heute noch am häufigsten geäusserte Meinung geht dahin, dass durch das Herauftreten einer starren oder halbstarren oder feurig flüssigen Gesteinsmasse längs einer Linie, oder durch Emporpressung von Gesteinen längs einer Linie, der Gebirgsaxe, die oberen Schichten der Erde nach rechts und links auseinander getrieben und so die Gebirgsketten aufgerichtet worden sind. Diese Ansicht hat ihren schärfsten Ausdruck in der allerdings nur vorübergehenden Aeusserung L. v. Buch's gefunden, dass alle Gebirge durch Porphyr gehoben worden seien.[1]) Sie ist mit geringer Abänderung die Grundlage der ausgearbeiteten Theorie Hopkins' von der Erhebung der Gebirge durch elastische Dämpfe.[2])

Es ist eine sonderbare Thatsache, dass Élie de Beaumont bei der ausführlichsten Behandlung von Nebenfragen, welche die Richtung und das relative Alter der Gebirge betreffen, sich nur verhältnissmässig

selten über den Process ausgesprochen hat, durch welchen Gebirgsketten entstehen. Als eine bezeichnende Stelle möchte ich jene ansehen, in welcher[3]) gesagt wird, dass die Gebirgsketten jenen Theilen der Erdrinde entsprechen, deren horizontale Ausdehnung durch ein „écrasement transversal" verringert worden ist, wobei die beiderseits vorliegenden Ebenen mit den Backen eines Schraubstockes verglichen werden. Wiederholt ist übrigens von Beaumont die Ueberzeugung ausgesprochen worden, dass die Kraft, welche Gebirge aufrichtete, oder vielmehr „die Fähigkeit der Erde sich zu falten" keineswegs erloschen sei, sondern nur schlummre,[4]) und ist die allgemeine Beweglichkeit der gesammten Erdrinde betont worden.[5])

Während aber schon Beaumont an die Stelle des Wortes „élévation" die Bezeichnung „ridement" gesetzt haben wollte, läugnete sein scharfsinniger Gegner Const. Prevost ausdrücklich und mit Bestimmtheit das Vorhandensein irgend einer centripetalen, erhebenden Kraft.[6]) Nach Prevost wären die Erhebungen nur eine secundäre Folge benachbarter Senkungen, wie dies auch vor ihm Deluc behauptete. Ein grosser Schritt wurde übrigens schon durch die ersten Schriften Prevost's über diesen Gegenstand, wie z. B. durch seinen Bericht über die Insel Julia vom Jahre 1832 insoferne gemacht, als den Vulcanen die Rolle untergeordneter Nebenerscheinungen zugewiesen wurde, im Sinne der nachmals von Scrope und Lyell siegreich vertheidigten Ansicht, dass es „Erhebungs"-Kratere nicht gebe.

In Frankreich ist im Laufe der letzten Jahre, nachdem durch lange Zeit E. de Beaumont's Ansichten von der geometrischen Vertheilung der Gebirge herrschend geblieben waren, von trefflichen Beobachtern eine abweichende Meinung ausgesprochen worden. Lory in den westlichen Alpen und Magnan in den Pyrenäen fanden übereinstimmend, dass diese Hochgebirge durchsetzt seien von sehr grossen, im Streichen liegenden Verwerfungen, deren Ebenen nicht gegen aussen, sondern gegen das Innere der Kette geneigt sind. Aehnlich waren die Ergebnisse, zu welchen Ebray an verschiedenen Orten gelangte, und es ist hieraus gefolgert worden, dass die Gebirgsketten nicht durch Erhebung, sondern durch Verwerfungen, u. zw. wie Ebray und Magnan meinen, in Folge einer Contraction des Erdinnern und Verringerung des Volums des Erdkernes, entstanden seien.[7])

Ausserhalb dieser Discussionen hat sich in England durch Babbage[8]) und Herrschel[9]) eine wesentlich andere Anschauung herangebildet, welche unter verschiedenen Formen in den neuesten Schriften amerikanischer Forscher wieder auftaucht. Der Hauptsache nach beruht sie auf der Annahme, dass zur Bildung mächtiger Sedimente bedeutende Senkungen nothwendig seien, dass bei diesem Vorgange gewisse Theile der Erdrinde in Tiefen gelangen, deren hohe Temperatur ihre Consistenz aufhebt, und dass auf diese Weise endlich ein Bruch oder irgend eine grosse Störung erfolgen müsse.

In Amerika hat man im Laufe der letzten Jahre der wichtigen, ja man darf wohl sagen für die Gestaltung der Erdoberfläche massgebenden Frage, wie Gebirge entstehen, besondere Aufmerksamkeit zugewendet; James Hall, Shaler, Sterry Hunt, Whitney, Leconte, Dana, Hilgard und Andere haben sie ausführlich behandelt; ich muss mich hier auf die Anführung der wesentlichsten Punkte beschränken, wie sie von Jos. Leconte im Jahre 1872 und von Professor Dana 1873[10]) und 1875[11]) als das neuere Ergebniss ihrer Studien mitgetheilt worden sind.

Nach Leconte sind Gebirgsketten jene Linien, an welchen die Erdoberfläche einem aus der Contraction hervorgehenden horizontalen Drucke nachgegeben hat. Faltung und Schieferung lassen sich nur durch horizontalen Druck erklären; es erfolgt bei demselben ein Aufschwellen der Masse, welches die Höhe der Gebirge bedingt. Continente und Oceane dagegen mögen durch radiale Contraction des Erdkörpers entstehen. Gebirgsketten entstehen häufig an den Rändern der Meere, daher die Mächtigkeit der Sedimente. Parallele Ketten sind nicht, wie E. de Beaumont meinte, gleichzeitig, sondern, wie Whitney bemerkt, nacheinander gebildet, so dass gegen die Küste die jüngeren folgen. Die geringere Sprödigkeit in grossen Tiefen, welche durch die höhere Temperatur bedingt ist, bringt es allerdings dahin, dass diese Stellen dem grossen Seitendrucke sich leichter fügen, weshalb vorzüglich an solchen Stellen Gelegenheit zur Gebirgsbildung gegeben ist. Vulcane entstehen als secundäre

Erscheinungen; die grossen Eruptionen sind auf Spalten erfolgt. Es hat Perioden grösserer Ruhe und solche heftigeren horizontalen Druckes gegeben, in welchen die Faltung und Aufrichtung der Berge rascher vor sich ging.

Die Ansichten Dana's glaube ich nach ihrer letzten Darlegung in Folgendem richtig zusammenzufassen.

Die Contraction ist eine über den ganzen Erdball vorhandene Kraft; sie äussert sich in der Bildung von Gebirgsketten am häufigsten an den Rändern der grossen Continente; dieser Seitendruck gegen die Continente steht in einem gewissen Verhältnisse zu der Ausdehnung der Oceane. Es scheint ferner, als würden die Wirkungen dieses Druckes beeinflusst durch eine Spaltbarkeit des Planeten, oder durch regelmässig einander folgende Linien geringsten Widerstandes. Eine Geosynclinale, d. h. eine Mulde, in welche sich Ablagerungen ansammeln, ist der erste Schritt zur Gebirgsbildung; ihr tiefster Theil wird durch Wärme aus dem Erdinnern geschwächt und gibt dem Seitendrucke nach. Die gebrochenen Trümmer werden nun nach der Bruchlinie vorwärts geschoben, gefaltet, auf einen engeren Raum zusammengepresst und dadurch erhoben. Ein so entstandenes Gebirge heisst Dana ein Synclinorium. Eine Gebirgskette kann Synclinoria von verschiedenem Alter umfassen. Die Region des Synclinoriums wird dem bestehenden Continente angefügt; ausserhalb desselben mögen sich neue bilden. Auch Geanticlinale oder Anticlinoria erscheinen als Gebirge. Nachdem die Erdrinde an

Steifheit zugenommen hat und den Biegungen nicht so leicht sich fügt, vermehren sich Sprünge und vulcanische Ergüsse. Die Seitenkraft hat nur sehr langsam gewirkt. —

Man bemerkt sofort, dass die Anschauungen L. v. Buch's und Hopkins' eine symmetrische, jene von Prevost eine asymmetrische, einseitige Anordnung der einzelnen Gebirgsglieder, jene von Herrschel eine mächtige, pelagische Entwicklung der Sedimente voraussetzen.

Endlich ist zu erwähnen, dass so ziemlich alle neueren Schriftsteller in der Betonung der Bedeutung der seitlichen oder horizontalen Kraft, so wie darin übereinstimmen, dass sie der Contraction der sich abkühlenden Erde einen grossen Einfluss zuschreiben. Am weitesten ist in dieser Beziehung R. Mallet gegangen, welcher nicht nur die durch Contraction innerhalb der Erdrinde hervorgerufene Spannung näher kennen zu lernen und als Arbeit zu präcisiren, sondern sogar die sämmtlichen vulcanischen Erscheinungen durch Umsetzung solcher Arbeit in Wärme zu erklären versucht hat.[12]) Mallet nennt wohl noch eine Gebirgserhebung „die verticale Resolution zweier tangentialer Kräfte“[13]), nimmt aber an, dass der Bau der Gebirge im Allgemeinen einseitig sei, und behauptet sogar, dass die Westseite der Ketten in der Regel die steilere sei, wobei auf die Möglichkeit eines Einflusses der Rotation des Planeten hingewiesen wird. Mallet versetzt übrigens ebenso wie Leconte, Dana und viele andere Vorgänger

die Vulcane als eine Nebenerscheinung an die Bruchstellen der Gebirge. —

Wenden wir uns nun den Alpen zu.

Man pflegt, nach dem Vorgange unseres Meisters Bernhard Studer, die Alpen in eine Mittelzone, welche die einzelnen Centralmassen umfasst, und in parallele nördliche und südliche Nebenzonen zu theilen. Man pflegt ferner die Faltungen und die streifenweise Anordnung der äusseren Ketten im Sinne der ersten der aufgezählten Anschauungen, einem gewaltigen Drucke zuzuschreiben, welcher von der sich aus der Tiefe erhebenden Mittelzone gegen Nord und Süd ausgeübt worden sein soll. Die Ursache des Aufsteigens und des Druckes bleibt aber dabei, gestehen wir es, vollkommen räthselhaft.

Es führt unsere Erkenntniss nicht weiter, wenn man, in oft wesentlich verschiedener Auffassung, von „plutonischen“ Kräften spricht, welche eine gewisse Analogie mit den vulcanischen Erscheinungen der Gegenwart haben sollen. Alles was über angebliche moleculare Veränderungen und insbesondere über Volum-Vermehrung der Felsarten der Mittelzone zur Erklärung des Seitendruckes gesagt worden ist, muss im Hinblick auf die Verschiedenartigkeit dieser Felsarten und auf das Verhalten gleicher Felsarten in anderen Gegenden als unbegründet angesehen werden. Ebenso stösst man auf geradezu unbesiegbare Hindernisse, wenn man versucht, das Hervortauchen der einzelnen Centralmassen mit den vulcanischen Erscheinungen der Gegenwart etwas näher zu vergleichen.

Die Thatsache, dass in der Masse des Finsteraarhorn die granitischen Gesteine über versteinerungsführende mesozoische Gesteine herübergreifen und ihnen stellenweise auflasten, spricht noch in keiner Weise für eine Analogie mit den jetzigen Feuerbergen.

Es soll nicht geläugnet werden, dass diese granitischen Felsarten aller Wahrscheinlichkeit nach grösstentheils eruptiven Ursprunges sind, aber ihre Eruption fällt bestimmt in eine Periode, welche viel älter ist als die Faltung der Molasse von Luzern oder St. Gallen, und kann schon aus diesem Grunde nicht in einer unmittelbaren ursächlichen Beziehung zu den dynamischen Erscheinungen stehen, deren Quelle wir suchen. Der Vergleich der Centralmassen mit Vulcanen, der Versuch, Erhebungs- und Ausbruchs-, das heisst Elevations- und Eruptions-Erscheinungen als gleichbedeutend darzustellen, stammt aus einer Zeit, in welcher die Somma des Vesúv als ein Erhebungskrater galt und man sich noch nicht von den Beziehungen vulcanischer Spalten zu gefalteten Gebirgsketten ein richtiges Bild zu machen in der Lage war.

Wer die vicentinischen Berge durchwandert, mag sich ohne Mühe davon überzeugen, dass viele basaltische Ströme der älteren und mittleren Tertiärzeit nach ihrem Erstarren, eingebettet zwischen sedimentäre Schichten, zugleich mit diesen letzteren gehoben und zuweilen muldenförmig gekrümmt worden sind. Niemand wird glauben, dass diese alten Ergüsse zugleich die Ursache dieser viel späteren Beugungen seien.

Ebenso verhält es sich mit den triadischen Porphyren von Raibl, mit den grossen permischen Porphyr-Massen Südtirols und vielen vereinzelten granitischen Massen der Südalpen. Die schönen Untersuchungen von Negri und Spreafico am Luganer See[14]) und von Curioni in Val Trompia[15]) und am Adamello[16]) haben in dieser Richtung wohl die letzten Zweifel zerstreut.

Solche Massen, von welchen es als nachgewiesen gelten kann, dass sie lange nach ihrer Bildung eine Erhebung oder Aufstauung erlitten haben, sind von mir bisher nach dem Vorgange Boué's und Anderer ausdrücklich als passive Gebirgsmassen bezeichnet worden. Sie umfassen Felsarten wie den Hornblende-führenden Granitporphyr vom Vellachthale in Kärnten, den grünen Granit des Val Trompia, den Granit von Brixen, der Cima d'Asta u. s. w. Wer diese Felsarten mit dem Centralgneiss der Tauern oder dem Protogin des Mont-Blanc vergleicht, wird kaum zugeben wollen, dass so ähnlichen Felsarten so verschiedene dynamische Eigenschaften zugeschrieben werden. Sobald man weiss, dass der grösste Theil der Granite der Südalpen nicht jünger ist als die Steinkohlenformation, dass der Porphyr von Botzen der permischen Formation angehört, die jüngeren Porphyre aber der Trias zufallen, und dass der sogenannte Centralgneiss der Ostalpen wahrscheinlich älter ist als diese Alle, kann man wohl nicht zugeben, dass diese Felsarten Erhebungen und Faltungen veranlasst haben sollen, welche bis in die mittlere Tertiärzeit heraufreichen.

Dieser Gebrauch des Wortes „passiv“ steht allerdings nicht ganz im Einklange mit jenem, welcher z. B von Leymerie für die Pyrenäen gewählt worden ist. Dieser treffliche Geologe bezeichnet im Gegentheile den Granit der Maladetta, also jene Massen, welche in den Alpen als Centralmassen angesehen werden, als „passiven“ oder „indifferenten“ Granit, weil die sedimentären Bildungen ohne irgend welches Zeichen der Einwirkung desselben, gleichsam mit indifferenter Contactfläche auf ihm lagern, während die Granite der Vorketten, welche Gänge abgeben und von denen gesagt wird, dass sie als „Typhons“ einzelne Theile der geschichteten Gebirge gehoben haben, „active“ Granite genannt werden.[17])

Magnan dagegen bezeichnet in seinen letzten Arbeiten, und wie ich glaube mit vollem Rechte, sowohl die Granite als auch sämmtliche Ophite der Pyrenäen der Gebirgsbildung gegenüber als „passive“ Gesteine.[18])

Es scheint mir aber nicht nöthig, die grössere Berechtigung der ersten oder der zweiten Bezeichnungsweise zu erörtern. Die Lösung der Frage wird sich aus dem Nachfolgenden ergeben. Hier, wo es sich um Ermittlung der ersten Ursachen der Entstehung der Gebirge handelt, haben wir in erster Linie die Rolle der Centralmassen zu prüfen. Mit Ausnahme eines einzigen Falles, welcher bei Fontana Fredda in den Euganäischen Bergen zu treffen ist, wo durch Trachyt eine ansehnliche Masse von Jura- und Kreidekalkstein abgerissen und gleichsam vorwärts geflösst worden zu sein scheint, kenne ich aus den

jüngeren vulcanischen Gebieten des mittleren Europas und Italiens kein einziges Beispiel einer wirklich nachweisbaren Erhebung geschichteter Gebirge durch vulcanische Gesteine.

Es ist überhaupt nach unseren heutigen Erfahrungen über den Vulcanismus nicht mehr zulässig, dass irgend einer bestimmten Felsart oder Gruppe von Felsarten jene wunderbare Kraftäusserung zugeschrieben werde, welche in einer Breite von mehreren Meilen alles geschichtete Gebirge gehoben, nach Nord und Süd auseinandergeschoben und gefaltet haben soll.

In so ferne diese Felsarten eruptiven Ursprunges sind, kann man ihnen keinen grösseren Einfluss auf die Bildung der Gebirgsketten zuschreiben, als den eruptiven Gesteinen der Gegenwart, und für diese wird es aus dem Nachfolgenden wohl auf's Deutlichste hervorgehen, dass sie, um die vor vielen Jahren von Constant Prevost gebrauchten Worte zu wiederholen, weit entfernt die Gebirge zu erheben, nur die vorhandenen Lösungen der Continuität der Erdrinde benützt haben, um hervorzutreten und sich auszubreiten.[19])

Es liegt aber ausserdem, wenn ich nicht irre, eine wesentliche Lücke unserer Kenntniss von den Alpen darin, dass mit dem Gesammtnamen der „krystallinischen Felsarten" ganz ungleichartige Gebilde, und zwar wahre Eruptiv-Gesteine, wie z. B. wohl der grösste Theil der Granite, daneben aber auch solche Gesteine bezeichnet werden, welche gar nicht eruptiver Natur sind, sondern als Theile der

älteren Flötzformationen angesehen werden müssen, wie dies namentlich für viele Gneisse der Alpen gelten wird. In dieser Beziehung beschränke ich mich darauf, an die bekannten Nachweise silurischer Gneisse in Schottland durch Murchison und Geikie und an die deutliche Verbindung gneissartiger Gesteine mit dem Anthrazitschiefer in den Westalpen zu erinnern, und Lossen's allgemeine, auch auf die Alpen bezugnehmende Erörterung dieser Frage bei Gelegenheit der Schilderung der devonischen Gneisse des Taunus anzuführen.[20]) Von solchen Felsarten kann man allerdings vermuthen, dass ihre gegenwärtige Structur eine Folge von Vorgängen sei, welche mit der Bildung der Gebirge in Verbindung stehen, aber nimmermehr dass sie selbst es gewesen seien, welche die Gebirgsketten und zugleich sich selbst gehoben haben.

Ein weiterer Grund dafür, dass die sogenannten Centralmassen nicht als die active Quelle dieser grossen dynamischen Erscheinungen angesehen werden dürfen, liegt in dem Contraste, welcher zwischen dem unregelmässig zerrissenen Auftreten dieser muthmasslichen Erhebungscentra und dem stetigen Hinstreichen der Falten in dem äusseren Theile der Gebirgsketten besteht.

Ein Blick auf die Massen des Montblanc oder Finsteraarhorn, und von da auf die grosse Anticlinale, welche die Molasse vom Salève bis Baiern hinein in weitem Bogen durchzieht, deutet wohl klar genug an, dass diese allgemeine Ueberschiebung der jüngeren, dem Nordfusse der Alpen vorgelagerten Schichten

nicht durch die Eruption oder Expansion irgend welcher vereinzelten Centralmassen, sondern einzig und allein durch eine allgemeine Bewegung des gesammten Hochgebirges hervorgebracht sein kann.

Eben so stetig und auf lange Strecken ununterbrochen sind die Bogenlinien, welche die Faltungen im Juragebirge beschreiben; das Juragebirge besitzt gar keine solchen Centralmassen. Nicht weniger auffallend ist der Gegensatz zwischen den zerrissenen Centralmassen und der Regelmässigkeit der äusseren Falten in den Karpathen. Ohne von dem Wiedererscheinen der schweizerischen Molassen-Stauung in Wieliczka zu sprechen, erinnere ich an die mit so wunderbarer Regelmässigkeit durch viele Meilen hinlaufenden Bogenlinien der Juraklippen und ihnen gegenüber an die vereinzelten Schollen granitischer Gesteine, welche etwa innerhalb dieser Bogensegmente den Centralmassen der Schweiz verglichen werden könnten. Mag in Bezug auf den Bau dieser Klippen jene Ansicht der Natur besser entsprechen, nach welcher sie nur Aufbruchsfalten darstellen, oder mögen jene Beobachter der Wahrheit näher kommen, welche an ihnen Spuren wahrer Discordanzen der Lagerung wahrzunehmen glauben, so bleibt doch jedenfalls das ununterbrochene Hinziehen der Curven durch so grosse Längen eine unzweifelhafte und auch dem Laien, welcher die nördlichen Ausläufer der Tatra und ihrer Vorberge besucht, durch ihr landschaftliches Hervortreten im höchsten Grade auffallende Thatsache, welche nur durch eine allgemeine

und gleichförmige Bewegung der ganzen Gebirgsmasse zu erklären ist.

Ebenso überraschend ist die lange Erstreckung der grossen Falten, aus denen sowohl der höhere Appennin als sein östlicher Abhang sich aufbauen, im Gegensatze zu den unterbrochenen Vorkommnissen älterer Felsarten an der Westseite der Halbinsel.

Allerdings sprechen nun viele Thatsachen in Italien und an anderen Orten dafür, dass diese sogenannten Central-Gesteine in früherer Zeit eine grössere Ausdehnung an der Erdoberfläche eingenommen haben und später zertrümmert in die Tiefe gesunken seien, aber auch diese Voraussetzung gleicht den Contrast, welcher zwischen dem regelmässigen Baue der Falten der Aussenzone und dem Mangel an Gleichartigkeit in den sogenannten Centralregionen besteht, nicht aus.

Diesen Umstand hat man auch ausserhalb des Alpensystems längst eingesehen. So sagt Ramsay schon im Jahre 1846 über den Bau des südlichen Wales: „Eine genaue Bekanntschaft mit den physischen Verhältnissen des Landes lehrt, dass die Faltungen der Schichten grosse Systeme von Antiklinalen, Synclinalen, Domen und länglichen domförmigen Curven bilden, wobei die kleineren Beugungen nur Theile der grösseren bilden, und wie Capt. James bemerkt, zu den grossen Falten in derselben Beziehung stehen, wie die „Ripples“ an der Oberfläche der Wellen zu den schweren Wogen des Oceans. So grosse und allgemeine Wirkungen konnten nicht [illegible]

werden durch kleine, vereinzelte Kräfte, welche da und dort zu verschiedenen Zeiten auf viele Punkte der Oberfläche wirkten. Die Ausdehnung und die Einheit des Resultates spricht für das Gegentheil.“ [21])

Diese Darlegung steht in vollem Einklange mit der gleichzeitigen Beschreibung der Undulationen der älteren Gebirge im südlichen Irland, im südlichen Wales und im südwestlichen England durch de la Bêche. [22])

Es ist dies eine der besten Schilderungen dieser Art, welche ich kenne. Ihr zufolge entspricht die Gesammtheit der Undulationen des alten rothen Sandsteins, des Kohlenkalkes und des flötzführenden Gebirges in South Wales, in den anstossenden englischen Grafschaften, in Gloucestershire und Somerset, also in einem Bezirke, dessen Structur durch ausgedehnten Bergbau auf das Genaueste erschlossen ist, einer Anpassung an einen complicirten seitlichen Druck.

So wird man sich denn wohl nicht weigern können, der Aeusserung Studer's zuzustimmen, dass jeder Fortschritt in unserer Erkenntniss der Faltungen der nördlichen Zone der Alpen uns zwingt, die Grenzen unserer Anschauungen über ihre Ursache zu erweitern, und ebenso liegt eine Annäherung an das hier weiter zu Besprechende in den Worten desselben Forschers, dass man eine ausserordentlich grosse seitliche Kraft annehmen müsse, welche von den Alpen gegen aussen gewirkt habe, welche sich aber nicht unmittelbar auf die einzelnen Granit-Massifs zu beziehen scheint. [23])

Die Alpen theilen sich gegen Ost in mehrere Gebirgszüge, insbesondere die Karpathen und das ungarische Mittelgebirge; die croatischen Höhenzüge und die dinarischen Alpen fügen sich als ähnliche Ketten ihnen an; auch das nördliche Ende der Appenninen tritt unmittelbar an die See-Alpen. Gegen Nordwest ist ihnen wie ein Vorwall das Juragebirge vorgelagert. Alle diese Gebirge, vom Jura bis zum Appennin und zu den Karpathen sind durch das stetige Vorherrschen gewisser Streichungslinien in gleicher Weise ausgezeichnet, und ich fasse alle diese Aeste und Zweige unter dem Namen des Alpen-Systems zusammen.

Das ältere Gebirge an den hyerischen Inseln, dann der Ostrand des Central-Plateau's von Frankreich, die Südspitzen der Vogesen und des Schwarzwaldes und der südliche Umriss der böhmischen Masse bezeichnen den westlichen und nördlichen Rand des weiten Gebietes, innerhalb dessen sich die gefalteten Ketten des Alpensystems mit wunderbarer Regelmässigkeit entwickeln. Von einem dieser älteren Gebirge zum andern spannen sie ihre Bogen, und sobald die Südspitze Böhmens umgangen ist, schwenkt das ganze Gebirge gegen Nordost, in leicht geschwungener Curve die Abhänge der älteren Gebirgstheile Mährens begleitend, bis sich weiterhin der Bogen der Karpathen ausbreitet.

So ist im Grossen die Abhängigkeit des Verlaufes des nördlichen Saumes der Alpen, des Juragebirges und der Karpathen von der Lage der westlich und

nördlich vorliegenden Gebirge leicht erkennbar, aber diese Abhängigkeit äussert sich auch in dem innern Baue der Ketten.

Während bei uns, im Osten, diese Thatsache seit lange gelehrt wird und mit den Jahren mehr und mehr Anhänger gefunden hat, ist sie nun auch weit im Westen, selbständig von den wenig in die Oeffentlichkeit gedrungenen Beobachtungen in den Ostalpen, in ganz übereinstimmender Weise erkannt worden.

Den bestimmtesten Ausdruck hat sie in den Arbeiten des Herrn Jourdy über den Jura von Dôle gefunden.[24])

Die kleine aus Gneiss und Rothliegendem bestehende Insel, welche nördlich von Dôle den Wald der Serre bildet und welche als eine südwestliche Fortsetzung der Vogesen anzusehen ist, lässt die Abhängigkeit der Falten und Brüche im Jura von der Vertheilung der älteren Gebirgsmassen erkennen. Aus der Richtung der Alpen her ist das ganze Juragebirge an die älteren Felsarten in vielen parallelen Streifen angepresst, während jenseits der alten Felsarten an der Serre, gegen Nordwest hin, die Ablagerungen der Jurazeit wohl auch eine weite Fläche einnehmen, die Spuren dieses gewaltigen seitlichen Schubes sich aber nicht mehr zeigen.

Herr Jourdy spricht es als das Ergebniss seiner Untersuchungen auf das Bestimmteste aus, dass die Erhebungen des französischen Theiles des Juragebirges hervorgebracht seien durch eine aus Südost wirkende, faltende Kraft, durch eine Stauung gegen die

Höhen des älteren Gebirges, welches den Winkel bildet, den das Forezgebirge, das Charollais, der Morvan, endlich die Serre mit ihrer Fortsetzung gegen die Vogesen (le môle vosgien) und die Vogesen selbst umgränzen, so zwar, dass der Lauf der Falten und Sprünge und die gesammte Structur des aufgestauten Gebirges abhängig werden von ihrer Lage gegenüber den älteren Massen.

Diese Anschauung stimmt überein mit den Erfahrungen, welche an dem östlichen Ende des Juragebirges gemacht worden sind.

Während an der Masse der Serre die älteren Felsarten gleichsam den Damm bilden, bis an welchen die Stauungen der mesozoischen Schichten reichen und diese Schichten mit einer grossen Verwerfung gegen den Gneiss abschneiden, lehren uns die Arbeiten von Merian und Alb. Müller, dass dort, wo das östliche Ende des Juragebirges an den Schwarzwald herantritt, die gleichen Kräfte sich äussern. Der Unterschied beider Regionen besteht jedoch darin, dass bei Basel die Stauungen des Flötzgebirges nicht ganz bis an den Gneiss reichen, sondern dass zwischen diesem und dem gefalteten Gebirge noch ein Zug von mesozoischen Gesteinen durchzieht, welcher durch den grossen Seitendruck nicht oder nicht wesentlich aus seiner Stelle gerückt worden ist, welcher nach Alb. Müller nur als der fortgesetzte Mantel von Flötzgebirge zu betrachten ist, der den Schwarzwald umgürtet, und welchen Müller zum Unterschiede vom Jura das Plateaugebiet oder den Rheinzug nennt.

Aber auch hier ist der Widerstand des Schwarzwaldes gegen die aus der Gegend der Alpen her einseitig übereinandergeschobenen Juraketten deutlich erkannt und von Alb. Müller schon im Jahre 1859 in seinem Einflusse auf die Gestaltung der Berge auf's Lehrreichste verfolgt worden.[25]) Insbesondere wurde damals schon gezeigt, wie westlich vom Schwarzwalde, wo dem Juragebirge das offene Rheinthal gegenüber steht, regelmässigere Wölbungen im Gebirgsbaue eintreten, während südlich vom Schwarzwalde durch den Widerstand desselben die Ueberschiebung der Ketten veranlasst wurde. Alle diese Ketten haben im Basler Jura gegen Süd geneigte Schichten.

Die Alpen folgen in ihren nördlichen Hauptlinien der inneren Curve des Jura. In Vorarlberg und Baiern, wo keine älteren Gebirgsmassen ihnen gegen Nord entgegenstehen, ist die Anordnung der Falten in den äusseren Zonen eine sehr regelmässige; in dem Masse aber, in welchem die Alpen sich dem Böhmerwalde nähern, geht diese Regelmässigkeit verloren. Der Verlauf des äussern Randes des Gebirges wird allerdings noch lange nicht verändert und die Flyschzone streicht von West gegen Ost am Südfusse der böhmischen Masse anfangs unbeirrt weiter, aber weiterhin treten in den Kalkalpen Brüche auf, deren Richtung in unverkennbarer Uebereinstimmung mit dem Verlaufe des Umrisses der böhmischen Gebirgsmasse ist. Die Linien, auf welchen die tiefsten Glieder der Kalkzone hervortreten, wenden sich mehr und mehr gegen Südost, gegen die Umgegend von Lietzen im Enns-

thale und Windischgarsten, und von hier an nehmen sie wieder den entgegengesetzten, nordöstlichen Verlauf, welcher sich mehr und mehr dem Streichen der Karpathen nähert. Insbesondere ist es die grosse Bruchlinie, welche durch die Punkte Gmunden-Windischgarsten-Mödling bezeichnet wird, deren Parallelismus mit dem Südrande der böhmischen Masse von den besten Kennern unserer Alpen anerkannt wird.[26])

Bald wendet sich auch die Sandsteinzone mehr dem nordöstlichen Streichen zu und setzt sich später, wo die Kalkzone unter der Niederung verschwindet, in einzelnen Kuppen, dem Aussenrande des Mannhart parallel laufend, zum Marsgebirge in Mähren fort. Aussen aber und in einer Lage, welche jener des schweizerischen Jura in vieler Beziehung entspricht, läuft zwischen der Sandsteinzone und dem Mannhart jene lange Reihe jurassischer Trümmer hin, welche Partsch die „Inselberge" nannte, und an deren Fuss stellenweise grosse Ueberschiebungen der jüngeren Mediterran-Bildungen sichtbar sind.

Auf den Steinkohlenfeldern von Ostrau, wo die tertiäre Decke durch eine weitgehende Denudation in einzelne, kleine Schollen aufgelöst wurde, ist die Möglichkeit geboten, ein etwas näheres Aneinandertreten der Sandsteinzone der Karpathen an das ältere Gebirge zu sehen. Die Lagerung des Steinkohlengebirges ist durch den Abbau bekannt; es sind mehrere Mulden und sattelförmige Beugungen vorhanden, welche von Verwerfungen durchschnitten sind, aber nichts, was den grossen Faltungen alpiner Gebirgstheile vergleichbar

wäre. Die Oberfläche des Steinkohlengebirges ist zum grossen Theile ebenes Land, gegen Ost aber erheben sich höher und höher die bewaldeten Rücken der Bieskiden, aus sandigen Ablagerungen der Kreide, älteren und mittleren Tertiärformation aufgebaut, welche in grosse und vielfach verworrene Falten gelegt sind. Der Contrast ist ein schlagender, und so oft ich noch diese Gegend besucht habe, blieb mir der Eindruck, als seien die gefalteten Massen der Bieskiden über das flach hinabtauchende Steinkohlengebirge hinübergeschoben worden, etwa, wenn der Vergleich gestattet ist, wie Wellen, welche an einem flachen Strande auflaufen.

Denselben Eindruck erhält man in Galizien, wo die älteren Massen den flachen, plateauartigen Charakter der südrussischen Granite angenommen haben und nicht wie am Centralplateau, in den Vogesen oder am Südrande der böhmischen Masse, dem Kettengebirge steilere Abhänge zuwenden. Hier nun entfaltet sich der Nordsaum der Karpathen scheinbar ohne ein stauendes Hinderniss; die Sandsteinzone erreicht eine Breite, welche weit über diejenige in irgend einem Theile der Alpen hinausgeht, und hier ist es, wo die regelmässigen Curven der Klippen hervortauchen.

So spiegelt sich von Frankreich bis nach Polen in dem Baue und dem Verlaufe des nördlichen Saumes des Jura, der Ostalpen und der Karpathen bald mehr, bald minder deutlich der Umriss und sogar die Steilheit der Abdachung der entgegenstehenden älteren Gebirge, und verräth sich der Widerstand dieser älteren

Massen gegen eine von den Kettengebirgen her wirkende Kraft, deren Richtung nicht wesentlich von der horizontalen abweichen konnte.

Kehren wir aber noch einmal etwa in die Gegend von Krakau zurück. Vor uns liegt ein Hügelland, in welchem auf paläozoischen Ablagerungen die Trias, auf dieser der mittlere und obere Jura, dann die mittlere und obere Kreide liegen. Die Kreideablagerungen sind wenig gestört, in grösseren Schollen ausgebreitet. Im Wesentlichen tragen sie den Charakter der mitteldeutschen Kreideablagerungen an sich, und die tieferen Glieder fehlen wie in Schlesien, Böhmen und Sachsen. In unmittelbarer Nähe, stellenweise nur durch ein Flussthal getrennt, erheben sich die Aussenketten eines Gebirges, dessen Schichten verbogen und zerknittert sind, eine ganz und gar verschiedene Beschaffenheit der Gesteine der Kreideformation zeigen und welche, wie die grossen Arbeiten Hohenegger's lehren, auch die älteren Stufen, Neocom und Gault mit südfranzösischer Fauna umfassen. Wo war das Nordufer des karpathischen Kreidemeeres? Wo war die nördliche Ablagerungsgrenze der mächtigen karpathischen Schichtenreihe aus dem Alter des Septarienthones, welche ihre Schichtenköpfe dem Hügellande von Krakau und der galizischen Ebene zukehrt? Durch die Aufnahmen Ferd. Roemer's auf polnischem Gebiete ist die Sachlage nur um so auffallender geworden, denn man kann jetzt deutlich in concentrischen Zonen weit gegen Nordost die Fortsetzung der Ablagerungen des Hügellandes von Krakau verfolgen,

mit einem Streichen, welches mit jenem der Karpathen nichts gemein hat.

Besteigen wir den Bisamberg bei Wien. Wir stehen auf aufgerichteten Bänken etwa aus dem Alter des Meeressandes von Weinheim. Unter uns liegt die Ebene, aus Ablagerungen der jüngeren Mediterranstufe bestehend. Jenseits, in der Ferne, liegt der Manhart; an seinen Gehängen trifft man angelagerte Bänke von Thon und Sand, die ältesten von ihnen mit Cerith. margaritaceum, allerdings nicht viel jünger als die harten Felsbänke des Bisamberges, aber von diesen greift keine Spur an den Manhart hinüber. Wo lag das Becken, in welchem die Ablagerungen des Bisamberges sich bildeten?

Bei Regensburg treten, wie uns Gümbel lehrt, Kreideschichten von jenem Charakter auf, den sie in Böhmen und Sachsen tragen, und der wahrscheinlich durch geringere Temperatur des Meeres bedingt war. Die ihrem tieferen Theile gleichzeitigen Gosaubildungen der Alpen sind aber in gewissen Lagen überfüllt mit Korallen, mit Rudisten und anderen Spuren wärmeren Meeres. Wo lag die klimatische Scheide, wo die Grenze für die gänzliche Verschiedenheit des abgelagerten Materiales?

Nirgends trifft man an den entgegengesetzten älteren Gebirgen eine Spur der mächtigen Flyschzone der Alpen und der Karpathen, welche uns irgend eine Andeutung über die Lage oder den Umriss des ursprünglichen Ablagerungsraumes dieser mächtigen Schichtenfolge geben würde. Das nördliche Ufer des

Flyschmeeres muss irgendwo südlich von dem jetzigen Aussenrande des Gebirges gelegen gewesen sein, in einer Gegend, welcher seither eben durch die Bildung dieser grossen Gebirge gänzlich verändert worden ist. Die Flyschzone selbst gleicht einem zusammengeknitterten Streifen, der in seiner gegenwärtigen Lage auch nicht annähernd die ursprüngliche Region seiner Bildung erkennen lässt.

Immer deutlicher zeigt sich schon bei diesen ersten Betrachtungen, dass gleichförmige Bewegungen grosser Massen im horizontalen Sinne einen viel wesentlicheren Einfluss auf die heutige Gestaltung des Alpensystems gehabt haben, als die bisher allzusehr betonten verticalen Bewegungen einzelner Theile, d. h. die unmittelbaren Erhebungen durch eine radial aus dem Inneren des Planeten auf seine Oberfläche wirkende Kraft.

Darin aber liegt ein wesentlicher Unterschied zwischen dem Juragebirge und den östlichen Alpen, dass der Nordsaum des ersteren aus Ablagerungen zusammengesetzt ist, welche auch ausserhalb des Gebirges ihre unmittelbare weitere Fortsetzung finden, während die Ablagerungen, welche den Nordsaum der Ostalpen bilden, über einer Ebene sich aufthürmen, jenseits welcher ihre Fortsetzungen in der Regel gar nicht oder nur mit veränderten Merkmalen wiederzufinden sind.

ZWEITER ABSCHNITT.

Die Einseitigkeit der einzelnen Zweige des Alpen-Systems. — Appennin. — Westalpen. — Juragebirge. — Ostalpen. — Das Auseinandertreten derselben in einseitigen Ketten. — Karpathen. — Ungarisches Mittelgebirge. — Croatisch-slavonische Gebirgszüge. — Dinarische Alpen. — Gemeinsamkeit der Entstehungsursache für das ganze Alpen-System.

Wenn nach dem Vorhergehenden nicht das Hervortauchen grosser eruptiver Centralmassen, sondern eine in ihren Wirkungen durch entgegenstehende ältere Gebirge beeinflusste, mehr oder minder horizontale und gleichmässige Gesammtbewegung die Ursache der Aufrichtung unserer Gebirgsketten sein soll, so entsteht sofort die weitere Frage, ob die Quelle dieser Bewegung innerhalb des einzelnen Gebirgszweiges zu suchen sei, oder ob irgend eine allen Theilen des Alpen-Systems, vom Appennin bis zu den Karpathen, gemeinschaftliche Ursache dieser grossartigen Erscheinung zu Grunde liege. Schon der Verlauf der Ketten deutet auf die zweite Annahme hin, denn alle die genannten Ketten zeigen in ihren Streichen das Bestreben, gegen Nordwest, gegen Nord, oder gegen Nordost gekrümmte Bogen zu bilden, in ihrem Baue aber tritt zwischen den nördlichen und den südlichen Abhängen in übereinstimmender Weise eine so weit-

gehende Verschiedenheit hervor, dass an der Gleichartigkeit und Gemeinsamkeit der bewegenden Kraft kaum ein Zweifel bleibt, und sich gleichsam eine Aussenseite und eine Innenseite jedes einzelnen näher bekannten Gebirgszweiges unterscheiden lässt.

Der Appennin ist durch die grosse Verschiedenheit seiner beiden Abhänge besonders ausgezeichnet. Nördlich von Genua erheben sich allmählich aus der piemontesischen Ebene in bogenförmigem Streichen die langen Züge der Molasse und des Flysch; sie ziehen sich von hier in die Gegend von Bologna, wo der gefaltete Flysch die Scheide zwischen den innerappenninischen Niederungen Toscana's und den ausserappenninischen Regionen der Adria bildet, und sie strecken sich in ununterbrochenem Zuge weithin durch die Halbinsel bis zur Bucht von Tarent.

Innerhalb folgen von Spezia an, im Toscanischen unterbrochen, die grossen Längsstreifen des Kalkgebirges, welchen die Abruzzen, der Gran Sasso und die Berge der Basilicata zufallen; innerhalb dieser liegen an der Westküste, theils auch schon im westlichen Meere und bis Calabrien hinab, die vereinzelten, zum Theile deutlich gebrochenen Trümmer der älteren, krystallinischen Felsarten. Frägt man aber nach der Ausgangsstelle der grossen bewegenden Kraft, oder nach den Spuren, welche die Verschiebung so gewaltiger Gebirgsmassen zurückgelassen haben sollte, so stösst man auf die grossen Senkungsfelder unter dem tyrrhenischen und der östlichen Hälfte des ligurischen Meeres, wo zwischen

den Trümmern der ältesten Gebirgsarten des Appennin auf zum Theile heute noch offenen Spalten ein langer Zug von Feuerbergen und von seismischen Stosspunkten die Zerklüftung der äusseren Theile des Planeten verräth.

So zeigt der Appennin zwei von einander wesentlich verschiedene Seiten, nämlich eine Seite der Stauung und Faltung, und eine andere des Abrisses und der vulcanischen Eruptionen. Die gefaltete Seite ist convex und stetig, die entgegengesetzte ist von Senkungsfeldern unterbrochen.

Das jugendliche Alter der tertiären Bildungen an der Küste von Savona und in der toscanischen Ebene, so wie ihr discordantes Eingreifen zwischen die Trümmer der Innenseite bieten eines der schönsten Beispiele eines Einsturzgebietes der Vorzeit. Das kleine Fragment einer südlichen Nebenzone, welches bei Taormina in Sicilien hervortaucht, stört diesen Gesammteindruck nicht, und findet, wie sich weiter zeigen wird, ein Seitenstück in den Schollen an der Südseite der Ostalpen. Wie bei einer Abschürfung der Hand die Haut in Falten gelegt wird und zugleich an der Stelle der Verletzung zerreisst und das Blut hervortreten lässt, so treten innerhalb der Falten des Appennin die geschmolzenen Massen der Tiefe hervor, keineswegs als die Ursache der Aufrichtung des Gebirges, sondern weil die an der Innenseite entstandene Zerklüftung ihnen die Möglichkeit bietet, zu Tage zu treten.

Der M. Gargano bildet ein Gebirgsstück für sich; sein Bau ist noch viel zu wenig bekannt, um hier eine Besprechung zuzulassen.

Die Westalpen wiederholen, wenn auch vulcanische Berge fehlen, doch in leicht kennbarer Weise den Gegensatz einer gefalteten, äusseren und einer abgebrochenen inneren Seite, und das verwickelte innere Gefüge widerspricht nicht der Annahme einer grossen einseitigen Bewegung der Massen.

Die gewaltigen, im Streichen des Gebirges gelegenen Verwerfungen der Alpen der Dauphiné und Savoyens, deren westlicher Flügel gesenkt, deren östlicher erhoben ist, bei welchen stets die Verwerfungsebene selbst gegen Ost geneigt ist, so dass der östliche Gebirgstheil über den westlichen geschoben ist, und deren Erkenntniss ein so grosses Verdienst des Herrn Lory ist, entsprechen einer hier von Ost nach West, d. h. von der concaven gegen die convexe Seite des Gebirges gerichteten Kraft.[27]) Nach den ausgedehnten Arbeiten des Herrn Lory zerfallen die Alpen zwischen M. Viso und M. Blanc in vier durch solche Verwerfungen geschiedene und dem Streichen entsprechende Zonen, deren erste, äusserste die Gruppen des Mont-Blanc und der Belle Donne bis zu den Rousses und dem Pelvoux umfasst.

Diese Darstellung, welche sich wohl mit dem Begriffe mehrerer, von einer Seite her aneinander und übereinander gepresster Gebirgsstreifen, aber durchaus nicht mit der Annahme eines symmetrischen Baues der Alpen vereinigen lässt, stimmt gut überein mit

dem Bilde, welches Desor vor längerer Zeit von dem Baue der westlichen Alpen entworfen hat[28]). Nach Desor zerfallen die Schweizer Centralalpen in drei grosse, dem Streichen des Gebirges entsprechende Zonen von Centralmassen, deren jede mehr oder weniger durch die Gleichartigkeit des Charakters ausgezeichnet ist, und in der ersten Zone, welche der ersten Zone Lory's entspricht und hier vom M. Blanc ihre Fortsetzung bis zur Masse des Finsteraarhorns findet, werden z. B. die Kette von Belle Donne und die Zwillingsmasse des M. Blanc und der Aiguilles Rouges geradezu als unterirdisch verbundene Theile eines und desselben Kernes bezeichnet.

Die Hauptsache bei Beurtheilung dieses grossen Gebirges bleibt aber, dass auch hier die concave Innenseite schon lange von Studer als ein das Senkungsfeld der piemontesischen Ebene begrenzender Bruchrand erkannt worden ist[29]), während die convexe, gegen West und Nord gerichtete Aussenseite aus gefalteten, und zwar je mehr gegen aussen um so regelmässiger gefalteten Gliedern aufgebaut ist.

Vergebens sucht man an der Südseite der Westalpen ein Aequivalent der langen Anticlinalen der Molasse. Die überfalteten Massen des Säntis oder Pilatus, die grosse überschobene Doppelfalte der Jungfrau, des Glärnsich, Tödi u. s. w., welche wir kürzlich durch Heim und Baltzer kennen gelernt haben[30]), finden kein Gegenstück in den italienischen Alpen. Vergebens wird man in der Schweiz, in den ganzen Westalpen in der Natur ein Profil suchen, in welchem

einer älteren Mittelzone beiderseits einigermassen symmetrische Nebenzonen mesozoischen Alters vorgelagert wären. Die Westalpen sind, wie der Appennin, ein einseitiges Gebirge oder eine Gruppe einseitiger aneinandergeschobener Gebirgsstreifen, gebildet durch eine Kraft, welche in einer von der horizontalen nicht sehr abweichenden Richtung aus Ost, Südost und Süd senkrecht auf das Streichen des Gebirges sich äusserte. —

Das Juragebirge ist das Muster eines durch einseitige Bewegung erzeugten, durch Stauung an fremden Massen festgehaltenen Gebirges. Der hohe und steile Bruchrand ist den Alpen zugekehrt. Es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass man auch z. B. in den südfallenden Ketten des östlichen Jura dahin gelangt ist, an der Stelle von Falten wirklich Verwerfungen annehmen zu müssen[31]). Wenn nach der Ebene der grössten Spannung, nach der sog. Axe einer von der bewegenden Kraft abgewendeten, überstürzten Falte ein Bruch eintritt, wie dies bei weitgehendem Drucke die Regel ist, so schiebt sich, wie z. B. die Darstellungen von Gressly und Rogers anschaulich machen, bei fortgesetztem Drucke der höher liegende Theil über den tieferen und mögen endlich, da der erstere in viel höherem Grade der Zerstörung ausgesetzt ist, gar verschiedene Felsarten neben einander erscheinen. Eine Verwerfung aber sollte man ein solches Vorkommniss nicht nennen; diese Bezeichnung sollte auf einfache, mit dem Absinken des einen Flügels verbundene Brüche beschränkt bleiben. Es ist

um so nothwendiger, dass dieser Unterschied festgehalten werde, da, wenn ich nicht irre, diese Erscheinung in noch viel höherem Grade z. B. in den Ostalpen auftritt, als man bis heute anzunehmen pflegt.

Der gänzliche Mangel einer Centralkette im Juragebirge zeigt deutlich genug, dass es nicht eruptive Vorgänge irgend welcher Art sind, welche die Gebirgsfalten erzeugen.

Die Ostalpen sind unter allen hier in Betracht gezogenen Gebirgsketten die einzige, welche eine so grosse Anhäufung von mesozoischen und alttertiären Sediment-Bildungen an ihrer Südseite trägt, dass von dem Vorhandensein einer südlichen Nebenzone die Rede sein kann. Vergleichen wir aber die durch ihre lang hinziehenden Faltungen oder streifenweisen Ueberschiebungen und durch die deutlich zonenförmige Vertheilung der Flötzgebirge so ausgezeichnete nördliche Nebenzone mit ihrem angeblichen Aequivalente im Süden. Nirgends wiederholt sich die regelmässige Faltung des Nordens. Wo im Süden die mesozoischen Sedimente am regelmässigsten aufeinander folgen, etwa vom Lago Maggiore bis an den See von Iseo, fallen sie in einfacher Serie vom älteren Gebirge südwärts unter die Ebene, ohne oder mit nur wenigen parallelen Falten und zuweilen von wahren Verwerfungen unterbrochen. Dann folgt die grosse eingeklemmte Masse zwischen den Judicarien und dem Porphyr von Botzen mit ganz abweichendem Streichen, endlich, zuerst in grossen vereinzelten Schollen dem Porphyr aufsitzend, dann über denselben weit hinaus-

ragend das Kalkgebiet vom Schlern bis zum Terglou, ein ausgedehntes Feld wichtiger Forschungen, das jedoch ebenso wenig als die westlicheren Kalkregionen des Südens die steile parallele Faltung des Nordens wiederholt.

Noch auffallender ist das Verhalten des südlichen Saumes. Die alt- und mitteltertiären Ablagerungen der Gegend von Vicenza, welche man so oft als das tektonische Aequivalent des tertiären Theiles der Sandsteinzone der Nordalpen ansieht und welche ja auch wirklich zum grossen Theile synchronische Glieder sind, reichen gegen Nord und Nordnordwest in gleicher, eigenthümlicher Entwicklung weit in die Alpen hinein. Es ist nicht schwer, auf den Höhen oberhalb Trient die rothen Tuffe von Spilecco, die von Süsswasserbildungen begleiteten Basaltmassen des Faldo und die übrigen typischen Glieder des vicentinischen Gebirges wieder zu finden und manche von ihnen bis in's Nonsthal zu verfolgen. — Ebenso greifen die vicentinischen Tertiärbildungen, weit über die muthmassliche südliche Begrenzung der Alpen hinausreichend, unverändert nach entgegengesetzter Richtung in die berischen Berge und manche ihrer Glieder bis in die euganäischen Berge über.

Um so bemerkenswerther ist die Thatsache, dass östlich von der Bruchlinie Schio-Vicenza, so wie bei Borgo im Val Sugana und noch weiter gegen Ost alle tieferen Abtheilungen der Tertiärformation entweder fehlen oder in ganz abweichender Weise entwickelt sind, so dass von einem ununterbrochenen Gürtel

älterer Tertiärbildungen am südlichen Fusse der Alpen nicht die Rede sein kann. Noch bei Este und Monselice, am Südrande der euganäischen Berge, ragen die Kalksteine der Kreideformation hervor, an einer Stelle dieser kleinen Berggruppe wird sogar eine Scholle von tithonischem Alter sichtbar. Im Osten brechen bei Gradisca und Triest die grossen Falten von Kreide- und Tertiärgebirge ab, welche nicht mehr im Streichen der Alpen, sondern in jenem des dalmatinisch-bosnischen Gebietes liegen. Auf welcher Unterlage die weite Ebene zwischen Padua und Udine ruht, ist uns ein Räthsel, unzweifelhaft aber bleibt es, dass eine dem Streichen der Alpen folgende, zonenförmige Anordnung der älteren Tertiärbildungen auf venetianischem Gebiete nicht vorhanden ist. —

Wesentlich verschieden sind die tektonischen Verhältnisse, welche man antrifft, sobald man, die in der Regel als die südliche Nebenzone der Alpen bezeichnete Region verlassend, nordwärts weiter in das Innere des weiten Gebirgslandes vordringt. Ein langer, gerader Streifen paläozoischer Gesteine schneidet die Triasbildungen des Südens ab. Auf F. v. Hauer's geologischer Karte tritt er trefflich hervor. Er beginnt etwa bei Innichen und Sillian in Tirol und streicht, den grossen carnischen Gebirgszug und in seiner Fortsetzung die Karawanken umfassend, quer durch Kärnten nach Süd-Steiermark. Silurische Ablagerungen sind in diesem Gebiete von Stache, devonische von Tietze nachgewiesen worden; der Kohlenkalk ist seit längerer Zeit bekannt; Thonglimmerschiefer

und granitische Gesteine, welche ich für obere Glieder der Steinkohlenformation halte, werden von anderen Beobachtern als noch ältere Bildungen angesehen; die permische Formation ist hier durch rothe Sandsteine, und grüne, zinnoberführende Wacken, nach Stache's Ansicht auch durch gewisse schwarze Schiefer vertreten. Wenn man auch von den Ausläufern, welche jenseits Windischgratz in Steiermark liegen, absieht, muss diesem paläozoischen Gebirgsstreifen immer noch eine Länge von mehr als 27 geographischen Meilen gegeben werden. Sein Streichen ist nahezu geradlinig und von Westnordwest gegen Ostsüdost gerichtet; es entspricht daher nicht dem Streichen der nördlichen Nebenzone, sondern weicht schon von Tirol her mehr und mehr gegen Süden von demselben ab.

Auf diesen Streifen paläozoischen Gebirges folgt so ziemlich seiner ganzen Länge nach gegen Nord ein ebenso auffallender Streifen petrefactenreicher Gebilde der Trias und der rhätischen Stufe, welcher östlich von Sillian in Tirol beginnt, bei Villach auf eine kurze Strecke unterbrochen ist, dann abermals hervortaucht und, den grossen Obir, die Petzen u. s. w. umfassend, ebenfalls in einzelnen Schollen weit über Windischgratz hinaus reicht. Dieser mesozoische Streifen weist stellenweise die Spuren eines ausserordentlichen Seitendruckes auf, und ist dann senkrecht aufgerichtet oder gar, wie bei Kappel in Kärnten, zum grossen Theile sammt den höheren Theilen des paläozoischen Gebirges gegen Norden hin überstürzt.

Erst nachdem man diese Zone gegen Nord hin überschritten hat, wird die ausgedehnte Region erreicht, welche in der Regel als die Mittelzone unserer Alpen bezeichnet wird.

Diese Thatsachen widersprechen vollkommen den bisherigen Anschauungen über den symmetrischen Bau der Ostalpen und ihrer Erhebung durch das Hervortauchen einer centralen Axe. In der That folgt von Süd gegen Nord auf eine lange Zone paläozoischen Gebirges noch einmal eine ebenso lange, wenn auch schmale und vielfach gleichsam eingekeilte Zone von Gesteinen der Kalkalpen und dann erst die sogenannte Mittelzone, und während im Norden und in der Mitte der Ostalpen die Hauptrichtung des Gebirges fast rein von West gegen Ost gerichtet ist, im Süden aber z. B. die lange Synclinale des Karst zwischen Görz und Fiume von Nordwest gegen Südost läuft, verfolgen die hier erwähnten paläozoischen Gesteine der Südalpen auf eine ausserordentliche Entfernung hin die mittlere Richtung von Westnordwest gegen Ostsüdost. Der Streifen von Trias und rhätischem Kalkstein deutet mit Bestimmtheit auch südlich von der sogenannten Mittelzone eine von Süden her kommende Bewegung an. Dieser Umstand erweckt die Vermuthung, dass die Ostalpen aus mehreren, von Süd oder Südost her aneinandergepressten, einseitigen Gebirgsketten gebildet seien, und diese Vermuthung findet ihre Bestätigung, sobald man in die östliche Ebene hinaustritt, denn dort wird man gewahr, dass dieser breite Gebirgsgürtel gegen Ost fächer-

förmig in mehrere einseitige Ketten auseinandertritt, welche, so weit sie nicht von den Bildungen der Ebene bedeckt sind, im Wesentlichen den Bau des Appennin, der Westalpen und des Jura wiederholen.

An der Südspitze der böhmischen Gebirgsmasse stauen sich, wie wir oben sahen, die nördlichen Zonen der Ostalpen; sobald sie dieses Hinderniss umgangen haben, schwenken sie nach Nordost ab und bilden weiterhin in grosse, regelmässige Bogen über das galizische Plateau ausgebreitet, den westlichen Theil des karpathischen Gebirges. Wo die Ablenkung am stärksten ist, entsteht wie durch Zerrung ein gewaltiger Riss, eine Lücke in der Gebirgskette, welche den Wässern der Nordabhänge ihren Abfluss gegen Süd öffnet und welche wir als die inneralpine Niederung von Wien zu bezeichnen pflegen.

Dem Verlaufe der nördlichsten Zone der Alpen folgt auch der nördliche Theil der paläozoischen und krystallinischen Gesteine durch das Leithagebirge, in gleicher Weise zerrissen, weiterhin dann im Verein mit der Fortsetzung der äusseren Zonen, zunächst das einseitige Gebirge der kleinen Karpathen bildend. In ihrer Fortsetzung liegen die älteren Gebirge des Waagthales und die so sehr an die äussere granitische Kette des Montblanc und des Finsteraarhorn erinnernden Gebirgsstöcke der Magura und der Tatra.

Der einseitige Bau der Karpathen ist von F. v. Hauer schon seit Jahren erkannt worden[32]); sie bilden zunächst eine ganze Gruppe kürzerer, ein-

seitiger Ketten, an deren südlichen Abhängen die grossen Trachytgebirge von Schemnitz sich ausbreiten. Das Gebirge streicht etwa von West nach Ost; plötzlich sind alle inneren Ketten desselben bis an den Innenrand der Flyschzone hin abgebrochen. Die Bruchlinie läuft etwa in nordnordöstlicher Richtung durch das Thal der Hernad gegen Kaschau aufwärts. „Es ist diess," schreibt Richthofen schon im Jahre 1860, „eine jener merkwürdigen Bruch- und Verwerfungslinien, welche für den Südabfall der Alpen und der Karpathen so überaus charakteristisch sind und als wesentliche Momente im Gebirgsbau auftreten, während ihre Rolle am Nordrande eine ungleich geringere ist. An der Bruchlinie von Kaschau ist der östliche Theil um mehrere tausend Fuss herabgesenkt und bis zu seinem Wiederauftauchen in der Marmarosch und Siebenbürgen ganz von jüngeren Gebilden überdeckt; die Hauptkette des Gebirges ist dadurch nach Norden verschoben . . . ."[33])

An dieser Bruchlinie kömmt in einer Länge von 14 Meilen das Eperies-Tokayer Trachytgebirge hervor, „gleich als habe sich die Verwerfungsspalte nur für diese Eruptivmasse gebildet". Weiterhin fehlen aber nun für eine lange Strecke bis auf ganz geringe Spuren alle inneren Zonen der Karpathen, der Bruch läuft beiläufig im Streichen längs dem Innenrande der Flyschzone hin und es begleitet ihn auf eine Erstreckung von 30 Meilen der Vihorlat-Gutiner Trachytzug.

Endlich taucht neuerdings, nachdem sich das Streichen aus West-Ost nach und nach gegen Südost gewendet hat, innerhalb der Sandsteinzone krystallinisches Gebirge hervor; aus der Marmarosch zieht es sich, zum Theile auf moldauisches Gebiet übergreifend, 30 Meilen lang bis in das Thal des Alt-Flusses im östlichen Siebenbürgen herein, an dem Ostrande von Rothliegendem, und einer schmalen Zone mesozoischer Kalksteine, darunter auch marine Triasbildungen, dann von der sich fortsetzenden grossen Flyschzone umgeben, während an ihrem Innenrande wieder ein gewaltiges Trachytgebirge, die Hargitta mit ihren Fortsetzungen, sich erhebt.[34])

Noch einmal taucht zwischen den Fortsetzungen der Hargitta-Trachytmasse an der Innenseite der Flyschzone der schmale aus krystallinischen und mesozoischen Felsarten bestehende Gebirgszug von Persany, gleichsam eine äusserste Welle unseres grossen Karpathenzuges hervor, — sein Streichen ist nordsüdlich und wir sind allmählich, von den grossen Trachytergüssen begleitet, in einem halben Kreise dem Innenrande dieses grossen Gebirges gefolgt.

So stellen die Karpathen ein Beispiel eines einseitigen Gebirges und zugleich die natürlichste und unzweifelhafteste Widerlegung jeder Lehre dar, welche etwa versuchen wollte, Gebirgszüge nach geraden Linien oder nach Parallelen von grössten Kreisen zu classificiren. Ihren Bau enthüllt zu haben, bleibt eines der schönsten Verdienste der vereinigten Anstrengungen unserer Reichs-Geologen. Wie bei Wien, wie

innerhalb des mährischen Marsgebirges in den Westkarpathen und noch viel auffallender wie bei Florenz, so ist östlich von Kaschau die Innenseite des Gebirges eingesunken gerade bis an den Innenrand der Flyschzone, diese jedoch ist stehen geblieben. Am Aussenrande aber ist bei Wieliczka die Molasse, und zwar das Glied, welches wir als den Schlier bezeichnen, durch den Seitendruck des Gebirges aufgebogen zu einem grossen anticlinalen Gewölbe. Die grossen Spalten, auf welchen am Südrande die Trachyte hervorgestiegen sind, entsprechen der Hauptspalte an der Innenseite des Appennin.

Den nächsten Zweig der Ostalpen bilden der Bakony-Wald[35]) sammt seiner Fortsetzung, dem Vertés-Gebirge, und der südöstlich von den letzteren liegende Granit des Meleghegy-Gebirges bei Velencze sammt dem isolirten, aus älterem Kalkstein aufgebauten Sarhegy. Diese Gruppe, welche in ihrem Streichen vom Plattensee begleitet wird, ist ein einseitiges Kettengebirge, dessen älteste Gebilde im Südost durch den Meleghegy und Sarhegy dargestellt sind, während die mesozoischen Gesteine im Wesentlichen gegen Nordwest geneigt sind und gegen Nordwest ihre jüngsten Bildungen zeigen. F. v. Hauer hat nicht nur das Bestehen gewisser Beziehungen zwischen diesen Gebirgszügen und den Ostalpen anerkannt, sondern mit denselben noch das Trachytgebirge von Börsöny und Gran, das zum Theile basaltische Hügelland von Waitzen, den Trachytstock der Matra und das aus älteren Sedimentgesteinen zusammengesetzte

Bükgebirge unter dem Namen des ungarischen Mittelgebirges zusammengefasst und die weitere Vermuthung ausgesprochen, dass auch die Gebirgsgruppe des Zempliner Stockes und das Kalkgebirge von Homonna als Fortsetzungen dieses Mittelgebirges angesehen werden dürften,[36]) ja sogar angedeutet, dass hiedurch eine Art von Verbindung zwischen den Karpathen und der südlichen Nebenzone der Alpen hergestellt werde.[37])

Vieles scheint auch mir für diese letztere Annahme zu sprechen; mag sie aber begründet sein oder nicht, so steht doch fest, dass vom südwestlichen Ende des Plattensees wenigstens bis in die Gegend von Ofen und Gran eine Anzahl von Höhengruppen aus der Ebene hervorragt, die zusammen ein Kettengebirge bilden, welches in demselben Sinne einseitig ist, wie alle bisher besprochenen Gebirgszüge, das heisst, welches gegen Nordwest eine äussere Zone von mesozoischen Felsarten, gegen Südost die älteren Felsarten und den Abbruch zeigt. Eine so gebaute Kette aber kann nie mit den Alpen in Verbindung gebracht werden, so lange man an der Voraussetzung des symmetrischen Baues und der centralen Erhebung desselben festhält; andererseits erklärt sich ihre Entstehung sofort, wenn zugegeben wird, dass auch die Ostalpen nur aus aneinandergeschobenen, einseitigen Zügen bestehen.

F. v. Hauer hat gemeint, dass der Anknüpfungspunkt des ungarischen Mittelgebirges an die Ostalpen vielleicht im Kalniker Gebirge nördlich von Kreuz

in Croatien zu suchen sei. Mir würde es rathsam erscheinen, vorauszusetzen, dass die Fortsetzung des ungarischen Mittelgebirges gegen Südwest in einer dem Verlaufe der nordalpin-karpathischen Linie entsprechenden, wenn auch flacheren Curve erfolge, was vom Plattensee beiläufig in die Linie Friedau, Pettau, Feistritz, Weitenstein und unmittelbar an das Ende des langen Zuges paläozoischer Gesteine sammt dem sie nördlich begleitenden Streifen mesozoischer Kalksteine führen würde, welche wir bereits von Sillian in Tirol bis Süd-Steiermark verfolgt haben. In diesem Falle wären die paläozoischen Gebirge der carnischen Alpen, die Karawanken und das Mittelgebirge als Glieder einer und derselben Gebirgskette anzusehen; der Trachytstock des Smrekouz bei Laufen, welcher so fremdartig aus den Südalpen hervorragt, stünde in Beziehung zu den ihm so ähnlichen Trachyten Ungarns, von welchen allerdings wenigstens ein grosser Theil ein geringeres Alter besitzt; die Ablagerungen der Steinkohlenformation am nordöstlichsten Ende des ungarischen Mittelgebirges, welche so sehr an kärntnerische und so gar nicht an nordalpine Vorkommnisse erinnern, würden mit diesem ersteren in eine gewisse Verbindung gebracht[38]), der Granit des Meleghegy wäre die Fortsetzung des jüngeren Granits von Kappel in Kärnten, — diess sind aber nur Vermuthungen, und weitere Studien werden zeigen müssen, in wie weit sie begründet seien.

Die Karpathen zeigen in ihrem mittleren Theile überhaupt mehr die Neigung, sich innerhalb der

Flyschzone eher in mehreren kürzeren und parallelen, als in einer einzigen, langen Faltenwelle zu entwickeln und in so ferne schiene von vornherein wenig Wahrscheinlichkeit für eine unmittelbare Verknüpfung der östlichen Karpathen mit den Südalpen und dem ungarischen Mittelgebirge. Ob man nun aber den Bogen der Karpathen als einen einheitlichen anzusehen habe oder nicht, ist für jetzt eine Nebenfrage.

Viel wichtiger ist der Umstand, dass im westlichen Siebenbürgen, zwischen Arad und Klausenburg, eine ausgedehnte Gebirgsgruppe sich erhebt, welche ihres verworrenen Streichens und ihres abgerundeten Umrisses halber im Gegensatze zu dem vorherrschenden Streichen der Karpathen als eine ausserkarpathische Masse, ja wohl auch im Zusammenhange mit der kleinen, hauptsächlich aus Granit und unterem Lias aufgebauten inselförmigen Masse bei Fünfkirchen in Ungarn, als ein altes Festland angesehen worden ist. Mir scheint eine solche Auffassung nicht berechtigt zu sein. Altkrystallinische Felsarten und Sedimentbildungen von verschiedenem Alter, die letzteren in verschiedenen Transgressionen, alle jedoch von alpinem Charakter, darunter mächtige Massen von Kalkstein, welche wohl jedenfalls der Trias zufallen und ein beträchtlicher Streifen von Flysch, bilden diese westsiebenbürgische Gebirgsgruppe, welche auf eine erstaunliche Weise nach den verschiedensten Richtungen von Eruptivgesteinen jeden Alters und der ausserordentlichsten Mannigfaltigkeit durchsetzt ist.

So bildet für mich das westsiebenbürgische Gebirge ein Muster der Zusammensetzung des vielfach gebrochenen und gestörten Landes, welches man in grösserer Tiefe unter den Ebenen innerhalb grosser Gebirgszüge vermuthen darf. Gegen Nord nähert es sich übrigens in einzelnen Kuppen von Gneiss und Glimmerschiefer so sehr dem Innenrande der Karpathen, dass nahezu eine Verbindung hergestellt ist. —

Südlich von Cilli ragen noch zahlreiche Fortsetzungen der Südalpen gegen die Ebene vor.

Das von West nach Ost unmittelbar aus den Alpen hervorstreichende, schmale Ivancica-Gebirge, das Agramer und Moslaviner, das slavonische Gebirge und der Höhenzug bei Peterwardein werden von fast allen Beobachtern ausdrücklich als Fortsetzungen der Südalpen angesehen und werden von Lenz passend mit dem Rosalien- und Leithagebirge verglichen.[39]) Ihre Richtung wendet sich mehr und mehr gegen Süd, bis aus den Südalpen, wie weitere Strahlen eines riesigen Fächers, die grossen Parallelzüge paläozoischer Gesteine hervorgehen, welche mit südöstlichem Streichen die hohen dalmatinisch-bosnischen Gebirgszüge des dinarischen Zweiges bilden, dessen Bau uns kaum erst in Umrissen bekannt ist. Ihnen folgt weiter im West die grosse, gefaltete Zone von Flysch und Kreidegesteinen, welche den grössten Theil Dalmatiens, den Archipel, Istrien und den Karst bildet, deren höchst regelmässigen Bau uns Stache in umfassenden Arbeiten erschlossen hat, und welche, wie wir früher sahen, unter eigenthümlichen Verhältnissen an dem nördli-

chen Ende der Adria und an der Ebene von Udine abbricht. —

Blicken wir zurück.

Von Nordwest nach Südost erstreckt sich der Appennin. Nahezu dieselbe Richtung verfolgen die dinarischen Alpen. Mehr nach Ost verlaufen die Züge in Croatien und Slavonien. Rein West-Ost ist das Streichen des Ivancica-Gebirges. Mehr gegen Nordost wendet sich das ungarische Mittelgebirge. In rein nordöstlicher Richtung gehen die Karpathen aus dem Nordsaume der Alpen hervor. Je nördlicher diese Zweige sind, um so deutlicher ist ihr Zusammenhang mit dem gemeinschaftlichen Hauptstamme, den Alpen, und selbst der Appennin zeigt an seinem nördlichen Ende Spuren eines Anschmiegens an diese. Im Appennin, dem ungarischen Mittelgebirge und den Karpathen, in allen genauer bekannten Strahlen ist der einseitige Bau ausser Zweifel; dabei ist die Bruchseite stets dem Süden zugewendet. Im Inneren der Alpen verfolgen wir die Spuren eines gleichen Baues. Den Alpen selbst ist noch ein in gleichem Sinne einseitiges Gebirge vorgelagert, nämlich der Jura.

Wie Wellen auf einem Wasserspiegel folgen sich diese Ketten, gestaut und abgelenkt am Central-Plateau Frankreich's, bei Dôle, an den südlichen Enden des Schwarzwaldes und der böhmischen Masse und in ihrem Verlaufe wesentlich durch diese bedingt. Wo diese gegen Nord zurücktreten und flach werden, treten die grossen Wellen auseinander und zeigen deutlicher ihren einseitigen Bau.

Unter solchen Verhältnissen muss man wohl eine gemeinsame, etwa gegen Nord oder Nord-Nordost wirkende, durch Hindernisse in Bezug auf ihre oberflächlichen Aeusserungen ablenkbare, horizontale Kraft als die Ursache der Aufrichtung dieser Gebirgsketten ansehen.

DRITTER ABSCHNITT.

Balkan. — Kaukasus. — Ararat. — Nothwendigkeit die gegenwärtigen Anschauungen zu verlassen. — Ansichten von Dana. — Uebereinstimmung der thatsächlichen Verhältnisse mit Nordamerika. — Senkung der Innenränder. — Alter der einzelnen Zweige des Alpen-System's. — Fortdauer der bewegenden Kraft. — Vulcanismus des innersten Zweiges. — Horizontale Verschiebung einzelner Stücke. — Prevost's Senkungs-Hypothese nicht ausreichend.

In der vortrefflichen Darstellung des Baues eines grossen Theiles der europäischen Türkei, welche F. v. Hochstetter im Jahre 1870 geliefert hat[40]), wird gezeigt, dass der Balkan gegen Süd mit steilem Abfalle an einer grossen Dislocationsspalte endet, welche sich auf eine Erstreckung von 60 Meilen verfolgen lässt „Zahlreiche warme Quellen und ein fast ununterbrochener Zug der mannigfaltigsten Eruptivgesteine begleiten die Balkan-Hauptspalte."

Im Jahre 1863 beschrieb Abich den centralen Gebirgskamm des Kaukasus von dem 11.900 Fuss hohen Babadag bis zur Meeresküste als den nördlichen, stehen gebliebenen Flügel einer grossen Verwerfung, „durch welche der Zusammenhang der ursprünglich flachen Terrainwölbung in der Richtung der Längenaxe aufgehoben wurde, während der an-

dere Gebirgstheil in Folge einer allgemeinen, dem Kurthale zugewendeten Bodensenkung sich herabneigte".[41])

Nicht weniger lehrreich ist die Schilderung, welche derselbe erfahrungsreiche Beobachter im Jahre 1870 von der Umgebung des Ararat geboten hat.[42]) Nach dieser ist der Ararat das östliche Endglied einer längeren Reihe vulcanischer Berge. Eine aus Kohlenkalk und devonischen Ablagerungen bestehende Gebirgskette zeigt gegen die Araxes-Ebene in Steilabstürzen ihre nach Nord geneigten Schichten. Der abgebrochene und abgesunkene Flügel dieser Gewölbkette verschwindet mit seinen steil zur Ebene geneigten Schichtabstufungen unter den Alluvien. Sporadische Felsinseln dieser älteren Formationen treten aus der Araxes-Ebene hervor. Ein grossartiges Senkungsereigniss ist der Vulcanen-Periode vorangegangen. —

Weit gegen Osten wiederholen sich also die Erscheinungen, welche wir zwischen dem Appennin und den Karpathen verfolgt haben, und auch in diesen Beispielen ist es die südliche Seite, welche als abgebrochen und eingesunken bezeichnet wird.

Wenn aber der einseitige Absturz der Gebirgsketten sich so oft und in so übereinstimmender Weise wiederholt, dass es schwer wird, Querprofile aufzufinden, welche nur einigermassen der Voraussetzung eines symmetrischen Baues Rechnung tragen, — wenn der Gegensatz der regelmässig gefalteten, durch entgegenstehende Massen abgelenkten Aussenketten gegen-

über den steilen Innenrändern mit ihren vulcanischen Vorkommnissen so oft hervortritt, — wenn sich die Bewegungen der grossen Ketten so harmonisch ineinanderfügen, wie zwischen dem tyrrhenischen Meere und der polnischen Ebene, so muss man zugeben, dass die älteren Anschauungen über die Aufrichtung solcher Gebirgsketten aufgegeben werden sollten.

Wohl hat Studer die Vermuthung bereits ausgesprochen, dass es in gewissen Fällen scheine, als sei die laterale Kraft nicht den einzelnen Centralmassen zuzuschreiben, sondern als habe sie die Gesammtheit heterogener Gebirgsarten ergriffen, welche die Mittelzone zusammensetzen[43]), wohl hat vor Jahren Lory erklärt, dass er bereit sei, zu der Ansicht zurückzukehren, dass die Gebirgsketten auf Verwerfungen entstanden seien[44]), und hat F. v. Hauer in wiederholten Schriften die Einseitigkeit vieler der ungarischen Gebirgszüge anerkannt. Es wird aber nach meiner Ansicht nicht möglich sein, zu einer natürlichen Erklärung der von der Natur gebotenen Erscheinungen zu gelangen, ohne dass man sich entschliesst, die Grundlagen der dynamischen Anschauungen, welche heute noch in Betreff der Entstehung der Alpen herrschend sind, und insbesondere die Vorstellung von einem symmetrischen Baue, einer Mittelzone und begleitenden, einander gleichwerthigen Nebenzonen zu verlassen und die Kettengebirge zwischen Appennin und Karpathen in ihrer Gesammtheit als das Product einer gemeinsamen, mehr oder minder horizontalen Kraft anzusehen. —

Wie bereits an einer früheren Stelle gesagt worden ist, haben bei weitem die meisten unter den neueren Schriftstellern, welche diesen Gegenstand von einem allgemeinen Standpunkte aus zu beurtheilen versucht haben, die Gewalt und die Grossartigkeit des horizontalen, oder, wie man ihn auch genannt hat, des tangentialen Schubes anerkannt.

In Nordamerika, wo im Westen wie im Osten je eine grosse Serie paralleler und im selben Sinne einseitiger Ketten vorhanden ist und dieser einseitige Bau in zahlreichen Fällen in grossartiger Einfachheit hervortritt, scheint die Ansicht von dem symmetrischen Baue der Gebirge und die Voraussetzung von Centralketten und einander gleichwerthigen Nebenzonen überhaupt niemals grossen Anklang gefunden zu haben. Zum näheren Vergleiche mit den Alpen fordern namentlich die ausführlichen Auseinandersetzungen auf, welche in der letzten Zeit Dana geliefert hat[45]), und deren wichtigste Ergebnisse bereits im ersten Abschnitte erwähnt worden sind.

Die parallel gegen Südwest streichenden, einseitigen Ketten der Alleghanies, der Green Mountains, des Blue Ridge u. a. auf der atlantischen Seite des Continents, und die ebenfalls einseitigen, gegen Südost streichenden Züge der Sierra Nevada, des Wahsatsch, der Rocky Mountains u. a. auf der pacifischen Seite sind für Herrn Dana das Erzeugniss eines gewaltigen Seitendruckes, welcher, etwa im Sinne einer Erweiterung der älteren Anschauung von Const. Prevost, von den Rändern des sich senkenden Untergrundes

jedes der beiden Oceane gegen das Innere des Continentes ausgeübt wird. Der Druck findet etwas schräge gegen aufwärts statt; der Widerstand des starren Continentes trägt zur Aufrichtung des Gebirges bei. Jede Epoche der Faltung und des Aufrichtens von Gebirge (mountain-making) endet damit, dass eine aufgerichtete, verdickte und gehärtete Region dem mehr starren Theile der continentalen Kruste hinzugefügt wird, und dass in Folge dessen die zu einer späteren Zeit vorschreitende Geosynclinale eine mehr oder weniger ausserhalb der vorhergehenden und dieser parallele Region in Anspruch nimmt, sei es landwärts oder seewärts, in der Regel aber in letzterer Richtung.[46]) Es besteht eine Art von Hebelverhältniss für die sinkende Scholle, durch welches die Grösse der Gebirgsketten in ein Verhältniss gebracht wird zu der Grösse und der Senkung der Oceane. Die Vulcane sind Nebenerscheinungen, welche an klaffenden Stellen hervortreten. —

Diese Auffassung entspricht weit mehr der thatsächlichen Beschaffenheit der mitteleuropäischen Kettengebirge, als jene von selbständigen, symmetrisch gehobenen Gebirgszügen. Man findet bei näherer Vergleichung eine Reihe überraschender Uebereinstimmungen im Einzelnen, wie z. B. den Nachweis, dass sich auf der Steilseite westlicher Gebirgsketten der Canon-, Pyramid- und andere Seen zeigen, welche ihren Zufluss durch Verdunstung der Atmosphäre wiedergeben und gleichsam ausserhalb des allgemeinen Abfluss-Systemes des Landes stehen, eine Erscheinung,

welche sofort an den allerdings seichten, jedoch in Bezug auf seine hydrographischen Verhältnisse gleichfalls isolirten Neusiedler See an der Innenseite des Leithagebirges erinnert und welche zugleich auf die Entstehungsweise des Plattensee's an der Steilseite des ungarischen Mittelgebirges und der See'n an der Innenseite des Juragebirges, wie z. B. des Neuenburger See's ein neues Licht wirft. Alle Gebirgszüge vom Appennin bis zu den Karpathen würden sich demnach zu einander verhalten, wie die Ketten an der pacifischen Seite Nordamerika's, und die Alpen selbst wären ein polygenetisches Gebirge, entstanden durch das Aneinanderdrängen mehrerer einzelner Ketten.

Wenn es nun auch sicherlich eine nicht geringe Befriedigung gewähren muss, in einem andern Welttheile einen durch grosse Erfahrung und weite Auffassung so ausgezeichneten Forscher wie Prof. Dana und mit ihm viele seiner verdienten Landsleute zu einer Darstellung der thatsächlichen Verhältnisse des Gebirgsbaues gelangt zu sehen, welche in so vielen wesentlichen Stücken der hier entworfenen entspricht, kann man sich doch nicht verhehlen, dass die Abänderungen, unter welchen die Einseitigkeit des Gebirgsbaues im Alpen-Systeme hervortritt, uns andeuten, dass die ältere Ansicht von Prevost, obwohl auf einer viel richtigeren Erfassung der Natur beruhend als andere, doch nicht vollkommen den Erfahrungen entspricht, und dass auch alle neueren Voraussetzungen einer genauen Prüfung und Vergleichung bedürfen.

Schon der gewundene, den Hindernissen bis zu einem gewissen Grade sich fügende Lauf der einzelnen Zweige des Alpen-System's verbietet uns zuzugeben, dass diese Ketten lediglich durch die Senkung eines erweiterten Mittelmeerbeckens und durch das Heraufdrücken des sinkenden Randes erzeugt worden seien. Je genauer man den Bau unserer Gebirgsketten betrachtet, um so deutlicher treten aber noch manche andere Bedenken gegen eine solche Erklärung hervor.

Allerdings treten an den Innenseiten unserer Ketten grosse Brüche, Senkungen und wohl auch wahre Einstürze auf, aber diese gleichen nicht den Rändern oceanischer Becken. Wo man diese Erscheinung am deutlichsten beobachten kann, nämlich im südlichen und mittleren Italien, glaubt man vielmehr eine grössere Anzahl einzelner, auf einer Hauptspalte an einander gereihter, kesselförmiger Einstürze zu sehen, welche bogenförmig in das Gebirge eingreifen, wie im Golf von Gioja, in jenem der S. Eufemia, im Hintergrunde des Golfes von Salern und jenes von Neapel, nicht aber zwei Schenkel eines Bruches, deren tieferer schräge nach aufwärts drückt.

Die merkwürdigste dieser Einsenkungen ist wohl jene, welche durch die peripherische Kluft abgegrenzt wird, die auf Calabrien und Sicilien die Liparischen Inseln umgibt und sich durch den Verlauf grosser Erderschütterungen verräth.*) Es ist bemerkenswerth, dass die radialen Klüfte, welche auf Calabrien und Sicilien lediglich durch seismische Studien ermittelt worden sind, in Uebereinstimmung mit den älteren

Nachweisen Hoffmann's[48]) auf den Liparen selbst in ihren drei Hauptrichtungen von Judd neuerdings erkannt werden konnten.[49])

So treten bald die langen Hauptbrüche selbst hervor, wie innerhalb der Karpathen[50]), bald locale Einsenkungen, wenn auch in grossen Dimensionen und etwa vergleichbar jener um Lassen's Peak in der Sierra Nevada, welche Richthofen so anschaulich beschrieben hat.[51])

Dass neben diesen mehr localen Einsenkungen auch ungleichförmige Senkungen von grösserer Ausdehnung an der Innenseite des Appennin auch in früherer Zeit vorgekommen sind, lehren z. B. die Arbeiten von Savi.[52])

Das bekannte Vorkommen von Torf und Landschnecken in grosser Tiefe unter Venedig verräth deutlich genug, dass in jüngster Zeit hier eine grosse Senkung eingetreten sei, und ich möchte künftigen Besuchern der dalmatinischen Inseln die Frage vorlegen, ob die auffallenden Sandmassen der Inseln Unnie und Sansego, welche Lorenz so drastisch beschrieben hat,[53]) nicht nur die Reste des alten Nordufers der Adria seien.

Alle diese Senkungen sind aber offenbar nur untergeordnete Nebenerscheinungen und nicht die Ursache der Aufrichtung der Gebirgsketten. Sie haben nichts gemein mit den grossen oceanischen Senkungen, welche Dana im Auge hat und deuten vielmehr darauf hin, dass durch die seitliche Bewegung eines Theiles längs dem Hauptbruche Lücken entstehen.

Nach Leconte's und Dana's Voraussetzung sollen, wenigstens im Allgemeinen, die am weitesten nach Aussen stehenden Ketten, hier also das Juragebirge und die Nordalpen sammt den Karpathen, die ältesten Glieder der gesammten Gruppe sein.

Die Versuche, das Alter der Alpen oder, richtiger gesagt, die Epoche ihrer Aufrichtung festzustellen, müssen, darüber dürfte wohl unter den Kennern der Alpen gegenwärtig kaum ein Zweifel bestehen, von einem anderen Standpunkte als in früheren Jahren betrachtet werden. Was festgestellt wurde, ist die allerdings für die ältere Anschauung ziemlich überraschende Thatsache, dass in den Alpen noch nach Ablagerung eines Theiles der mitteltertiären Schichten eine sehr allgemeine Bewegung der Alpen stattgefunden hat. Bald fand man aber im Appennin, in den Pyrenäen, in den Karpathen dasselbe; im Kaukasus nehmen sogar sarmatische Schichten an den grössten Störungen Theil. Hieraus folgt nun, dass die Bewegungen, welche die Aufrichtung dieser Ketten herbeigeführt haben, bis in eine verhältnissmässig junge Zeit angedauert haben. Dass aber dieselben Regionen schon viel früher und zu wiederholten Malen ähnliche Bewegungen erlitten haben, geht deutlich genug aus den zahlreichen, transgredirenden Vorkommnissen jüngerer Sedimente auf den ältesten Felsarten derselben Ketten hervor. Auf der Ostseite des Aspromonte beginnt über dem Thonschiefer eine jüngere Transgression mit der tithonischen Stufe, noch weiter im Süden mit cenomanen Ablagerungen. Wer die Seealpen bei Savona besucht, sieht

oberhalb der Stadt bei Cadibona die vom Flysch bedeckte Kohle mit Anthracotherium magnum sich unmittelbar in die Unebenheiten der granitischen Felsarten lagern, während an dem Bruchrande des Gebirges gegen das Meer hin noch einige horizontal gelagerte Reste blauen Meeresthones sichtbar sind, welche die Epoche der Senkung des genuesischen Meerbusens andeuten und viel jünger sind als die Schichten, welche die Anticlinale der Schweizer Molasse bilden. Die Spuren noch jüngerer Bewegungen hat d'Achiardi an der Montagnola von Siena gefunden.[54])

Solche Beispiele lassen sich aus den Alpen in sehr grosser Zahl anführen und sie beweisen, dass bis zu einer Zeit, welche tief in die mesozoische Epoche zurückreicht, die Region der Alpen oftmals der Schauplatz grosser Störungen gewesen ist. Es ist hier auch der Ort, zu erinnern, um wie viel reicher die Südalpen an Eruptivgesteinen jeden Alters sind als die Nordalpen, und dieser Umstand deutet an, dass die Vorgänge auch in früherer Zeit im Wesentlichen dieselben waren wie in den späteren Epochen.

Die Frage ist vielmehr, ob die Ursachen, durch welche diese Kettengebirge entstanden sind, nicht auch heute noch wirksam sind, und diese Frage glaube ich, in Uebereinstimmung mit Dana und anderen Vorgängern, bis zu einem gewissen Grade bejahen zu sollen. Allerdings zeigen die Alpen keine deutliche Spur einer seit der Diluvialzeit eingetretenen grösseren Aenderung. Wenn aber die Gesammtheit der Erscheinungen, die Bewegung der Massen, die Senkungen

der Innenseiten und die vulcanischen Erscheinungen an denselben in Betracht gezogen werden, muss das Urtheil anders lauten. Eine gewisse mangelnde Stetigkeit des Bodens oder eine Neigung zum Spaltenwerfen tritt vielfach an der Innenseite der Ketten hervor. Die ausgedehnte Senkung der unteren Po-Ebene fällt sicher in eine ganz junge Zeit. An der Innenseite des Appennin stehen heute noch thätige Vulcane. Die Innenseiten dieser Gebirgsketten werden oft von heftigen Erderschütterungen betroffen.

Schon vor vielen Jahren hat Darwin die Gründe dargelegt, welche es wahrscheinlich machen, dass die grossen Erdbeben Südamerika's durch Spaltenwerfen in der Tiefe des Erdkörpers erzeugt werden.[55]) Wenn eine Masse sich in dem Zustande hoher Spannung befindet, werden von Zeit zu Zeit Sprünge entstehen, welche normal auf der Richtung der Spannung stehen und möglicherweise, wie dies bei dem Spaltenwerfen auf Gletschern der Fall ist, Erschütterungen hervorbringen mögen, welche ausser Verhältniss stehen zu der geringen Breite der neu entstandenen Kluft.

Hr. Posepny hat mich vor einiger Zeit darauf aufmerksam gemacht, dass einzelne der grossen Gangstücke, welche man von Przibram nach Wien gebracht hat, nach ihrer Ausfüllung mit symmetrisch gelagerten Mineralzonen noch einmal an irgend einer Stelle der Ausfüllung der Länge nach aufgerissen worden sein müssen, weil die normale symmetrische Ausfüllung unterbrochen ist und sich innerhalb der Zone der Unterbrechung eine neue, denselben Gesetzen der

Mineralbildung folgende, ebenfalls symmetrische Ausfüllung, also gleichsam ein zweiter Erzgang gebildet hat.

Russegger hat gezeigt, dass drei ziemlich heftige Erdstösse mit steiler Emergenz, welche Schemnitz in den Jahren 1854 und 1855 betroffen haben, sämmtlich von dem grossen Spitaler Hauptgange ausgingen, einem in einer Länge von einer Meile bekannten edlen Erzgange, welcher unter der Stadt Schemnitz mit nordöstlichem Streichen hinzieht. Die Heftigkeit der Erschütterung nahm mit der Tiefe zu und verbreitete sich abnehmend gegen das Hangende und das Liegende des Ganges.[56])

Die Häufigkeit von Erdbeben in der Nähe der Innenseite, nicht nur des südlichen, sondern auch des nördlichen Appennin, z. B. bei Borgo S. Sepolcro, der Westalpen, z. B. bei Pignerol, des Bakony-Gebirges, z. B. am Berge Csóka, der Karpathen, z. B. bei Sillein, oder an den Grenzen der einzelnen Zweige, aus welchen der Hauptstamm der Alpen gebildet ist, wie bei Visp oder bei Villach, deuten Vorgänge in der Tiefe an, welche vielleicht nur in einem wiederholten Spaltenwerfen bestehen.

Vor nicht gar langer Zeit galt es als eine ganz erstaunliche Thatsache, dass grosse Gebirge erst während der Miocän-Zeit sollten aufgerichtet worden sein, aber neue Beobachtungen weisen auf ein noch weit jüngeres Alter mancher Störungen. Nach Prestwich ist die Faltung auf der Insel Portland und bei Weymouth erst nach der Diluvialzeit erfolgt.[57]) Die gewaltsamen

Faltungen der Kreide auf der Insel Moën und auf Rügen sind gewiss nach dem Vorhandensein des arktischen Meeres in diesen Gegenden entstanden und die Horizontalität der Bewegungen ist so klar, dass Johnstrup, ausser Stande die richtig beobachteten Thatsachen mit den herrschenden Ansichten über Gebirgserhebung zu vereinigen, in der Bewegung von Eismassen die Quelle der grossen verschiebenden Kraft gesucht hat.[58]) Nach Leconte ist die grosse Cascade-Range im westlichen Nordamerika erst nach der Eiszeit aufgethürmt worden und ergiesst sich die grosse Lavafluth an ihrer Westseite über die Driftblöcke.[59]) Derselbe Beobachter sieht die langen unterseeischen Rücken, welche den Golfstrom an der amerikanischen Ostküste begleiten, als ein in der Ausbildung begriffenes Faltengebirge an.[60]) Nach der Beschreibung von Bartle Frère würde die Bildung des Allahbund oder Gottesdammes während eines Erdbebens im Runn of Cutch sogar einen ähnlichen Vorgang in unseren Tagen darstellen, welcher nur den obersten Theilen der Erde angehören würde.[61])

Nach der Darstellung Dana's sollte die innerste der Ketten, welche das grosse Fächersystem der Alpen bilden, die jüngste sein.[62]) Es ist als gewiss anzunehmen, dass ein grosser Theil des Appennin bestand, bevor zur mittleren Tertiärzeit die Aufrichtung der Molasse am Nordfusse der Alpen erfolgte; diess lehren z. B. die oben erwähnten Transgressionen im Appennin. Andererseits liegt allerdings die jüngere Mediterranstufe schon ziemlich ungestört innerhalb der bereits

zerrissenen Alpen bei Wien, während am Aussenrande des Appennin viel jüngere tertiäre Schichten noch aufgerichtet sind. Ebenso lehrt die Ausfüllung der toscanischen Einsenkung, welche nach meiner Ansicht bis Savona reicht und den ganzen Meerbusen von Genua umfasst, dass es ein jüngerer Abschnitt der Tertiärformation ist, in welchem dieser Theil der Innenseite des Appennin seine jetzige Gestalt erhielt. Endlich ist wirkliche vulcanische und seismische Thätigkeit an keinem Theile des Alpen-Systems auch nur annähernd in demselben Grade heute noch vorhanden, als an der Innenseite dieses innersten Zweiges.

Wenn wir daher auch nicht berechtigt sind, den Voraussetzungen Dana's ganz zu folgen, und zu behaupten, dass die Zweige des Alpen-Systems je weiter nach Innen stehend um so jünger seien, so muss doch zugestanden werden, dass die grossen Bewegungen dieses innersten Zweiges sich bis in eine jüngere Zeit hinauf verfolgen lassen, und dass auch die heutigen Aeusserungen einer inneren Beweglichkeit der Erde innerhalb des Alpen-Systems nirgends so bedeutend sind als dort. Die Rolle, welche den Vulcanen der pacifischen Küste an der Innenseite der innersten Kette des westlichen Nordamerika zufällt, wiederholt sich daher bei den Vulcanen der Westseite der italienischen Halbinsel. —

Nachdem diese weitgehende, aber doch nicht ganz vollständige Uebereinstimmung thatsächlicher Verhältnisse mit den von Herrn Dana ausgesprochenen Voraussetzungen festgestellt ist, wollen wir vor-

läufig andere, den Charakter der Ablagerungen in den Hochgebirgen und ihren Beziehungen zu alten Meeresbecken betreffende Vergleiche übergehen und untersuchen, in wie weit aus dem inneren Baue der Alpen Folgerungen auf das Wesen oder die Richtung der bewegenden Kraft zulässig sind.

Dass diese Kraft keine radial von der Tiefe der Erde gegen ihre Oberfläche, das heisst keine unmittelbar hebende war, sondern sich mehr der horizontalen Richtung näherte, dass die Aufrichtung nur mittelbar, durch Widerstand erfolgte, und dass sie eine für alle Gebirge zwischen Appennin und Karpathen gemeinschaftliche war, dafür spricht der allgemeine Verlauf dieser Gebirge und die übereinstimmende Lage der steilen Innenseite gegen Südost oder Süd oder Südwest im Gegensatze zu der gefalteten Aussenseite. Dass sehr bedeutende horizontale Verschiebungen vorgekommen sind, beweist ferner die Thatsache, dass Ablagerungen, welche offenbar in verschiedenen Meerestheilen gebildet wurden, einander stellenweise räumlich nahe gerückt sind, wie z. B. der Gegensatz der karpathischen und der ausserkarpathischen Kreideformation gezeigt hat.

Die horizontale Verschiebung einzelner Gebirgstheile gegen einander ist an vielen Stellen unmittelbar zu beobachten. Schafhäutl hat sie seit lange betont; die kleineren Beispiele am Südfusse des Dachsteingebirges und bei Raibl sind leicht in der Natur erkennbar. Studer hebt hervor, dass viele Querthäler

nicht blosse Spalten oder Erosionen seien, sondern dass ihnen eine viel tiefere Bedeutung zugeschrieben werden müsse. Der Thunersee trennt zwei sehr verschiedene Gebirge . . . „Es müsste in der Gegend des oberen Thuner Sees eine Verschiebung senkrecht auf das Streichen von beinahe zwei Schweizer Stunden vorausgesetzt werden, wenn man die Formationen der beiden Ufer in Verbindung setzen wollte, eine Annahme, die sich vielleicht durch die starke Faltung der Gebirge des rechten Ufers unterstützen liesse.“ [63])

Die weit reichenden Verschiebungen und Stauungen der Molasse am nördlichen Rande der Alpen sind eines der deutlichsten Zeichen der einheitlichen horizontalen Verschiebung sehr grosser Theile der Alpen. Kaufmann hat in seiner bekannten Schrift über die mittel- und ostschweizerische Molasse auf das Deutlichste gezeigt, wie zwischen dem Thuner und Züricher See der Umriss der Alpen im Wesentlichen abhängig sei von dem Widerstande, welchen die bald mehr, bald minder mächtige Nagelfluhe dem vorrückenden Gebirge entgegensetzte, wie das mächtige Nagelfluhe-Plateau der Blume unter Beibehaltung der horizontalen Lage nach Nordwest geschoben wurde, wie der Pilatus bei stärkerer Faltung der Molasse hervortritt, am Rigi ein mächtiger Nagelfluhstock vorwärts gegen Nord geschoben wird und sich die zurückweichende Kreide in engere Falten legt, wie aus der Zerreissung der bogenförmig vorwärts-

geschobenen Molasse an der Stelle der grössten Beugung der Züricher See entsteht u. s. w.[64])

Beispiele derselben Erscheinung findet man an vielen Orten auch ausserhalb der Alpen. Es genügt an die wiederholten seitlichen Verschiebungen der Kreidebildung in Echo Canon und anderen Einrissen bei Coalville, Utah, zu erinnern, welche Meek beschrieben hat[65]), und den sonderbaren Fall anzuführen, in welchem nach Arnaud an der Eisenbahn nach Agen im südwestlichen Frankreich ein Stück der Kreideformation abgerissen und um nicht weniger als 20 Kilometer nach Nord verschoben sein soll.[66])

Die Aeusserungen der bewegenden Kraft werden aber hauptsächlich durch vier verschiedene Arten von Stauungen beeinflusst. Die ersten sind jene, welche durch fremde Gebirgsmassen hervorgebracht werden und die Ablenkung des Verlaufes der Ketten bewirken, wie sie an der Aussenseite des Jura und gegenüber der Südspitze Böhmens besprochen worden sind. Eine zweite Gruppe von Stauungen entsteht durch den Widerstand, welchen die zu faltende Masse selbst leistet; die sogenannten Luftsättel, wie man sie am Formarin-See in Vorarlberg, am Säntis und an so vielen anderen Punkten der nördlichen Seite der Alpen sieht, sind das auffallendste Product derselben. Die grossen Längsfalten der nördlichen Kalkalpen entstehen durch vereinigte Stauung der ersten und zweiten Art. Eine dritte Gruppe von Stauungen entsteht durch die stellenweise Einschaltung grosser Massen altvulcanischer Gesteine, wie der

Granite und Porphyre, in die bewegte Masse, welche namentlich die primäre Anlage der Stauungswellen beeinflussen müssen, und welche dann auf den Aufbrüchen sichtbar werden. Endlich scheint es allerdings, als hätten einzelne dieser Massen, wie z. B. der Stock des Adamello und der Porphyrstock von Botzen, so grossen Widerstand geleistet, dass wesentliche Störungen in der ganzen Entwicklung des umliegenden Gebirges veranlasst worden sind, die in ihrer Bedeutung weit über die Wirkungen der dritten Art hinausgehen und als eine vierte Art von Stauung angesehen werden können.

Diese ungleichartige, von der Verschiedenheit des bewegten Materiales und den Umrissen der entgegenstehenden Massen abhängige, bald weiter vordringende, bald nahe dabei weiter zurückbleibende Bewegung lässt sich aber schwer in Einklang bringen mit der Annahme, dass der starre Rand irgend einer sinkenden Scholle der Erdrinde durch den Seitendruck seines unteren Theiles unser vielgestaltiges Gebirge erzeugt habe. Es ist nicht zu übersehen, und erklärt sich durch die Ungleichartigkeit der Felsarten der Tiefe, welche längs der früher sogenannten Centralkette hervorgetreten sind, dass das normale Streichen unserer grossen Gebirgsketten nirgends so rein hervortritt, als an ihrem äussersten Nordrande, wo in der stetigen Ueberschiebung der Molasse, den regelmässigen Curven der karpathischen Klippen u. s. w. Linien von so grosser Länge und so regelmässigem Verlaufe sich wiederholen, wie sie innerhalb des Gebirges fast

nur dort wieder angetroffen werden, wo verschiedene Ketten aneinandertreten, wie in den carnischen Alpen und Karawanken.

In noch entschiedenerer Weise widerspricht der Annahme eines Seitendruckes durch eine sinkende Scholle der Umstand, dass ja trotz der Asymmetrie der Ketten Vertreter der südlichen Nebenzone nicht gänzlich fehlen. Wenn auch allenfalls das Bruchstück, welches das peloritanische Gebirge in Sicilien umgibt und die geringen Spuren an der Südseite der Karpathen nicht als massgebend angesehen werden wollten, zeigt doch die Art des Anschmiegens der Sedimente an die Südseite der Ostalpen, dass die Voraussetzungen Const. Prevost's hier nicht Platz greifen können. Welche Erklärungsweise man auch wählen mag, man wird in jedem Falle zugestehen müssen, dass keine Felsart der gesammten Erdoberfläche absolut starr sei.[67]) Wenn nun die mit einem wenn auch nur geringen Elasticitätsgrade versehene Oberfläche nach einer gewissen Richtung, sagen wir gegen den Pol hin bewegt wird, und dabei auf Hindernisse trifft, wird sie sich vor diesen Hindernissen zu einer oder mehreren langen Wellen aufstauen. Bei dauernder Bewegung werden gegen das Hinderniss hin weitere, untergeordnete Falten, an den Stellen der grössten Spannung aber Risse und Brüche erfolgen.

Dabei ist vorausgesetzt, dass diese Bewegung nicht von aussen her, sei es durch den Rand einer sinkenden Scholle oder durch das Hervortauchen

eruptiver Massen dem betreffenden Theile der Erdoberfläche mitgetheilt wird, sondern dass sie die Folge einer allgemeinen, jedem einzelnen bewegten Theile sich in ziemlich gleichmässiger Weise mittheilenden und je nach dem Elasticitätsgrade der einzelnen Felsart sich äussernden Kraft sei.

VIERTER ABSCHNITT.

Die den Alpen vorliegenden Massen. — Alter Bruch zwischen der böhmischen und der sudetischen Scholle. — Erneuerung desselben, Hinabdrücken der sudetischen Scholle. — Ansichten von Rogers und Moyssisovics. — Bewegung der Massen. — Böhmerwald, bairisches Grenzgebirge, Erzgebirge, Riesengebirge. — Harz, Weserkette. — Ausnahme für den Teutoburger Wald, Taunus, Belgische Kohlenmulde und ihre Fortsetzung nach England. — Weald, Insel Wight, Pays de Braye. — Schlussfolgerungen. — Erdbebenlinie.

Der Widerstand, welchen die gegen West und Nord vorliegenden Massen der Entwicklung des Alpen-Systems entgegengestellt haben, die Stauungen des Juragebirges an der Serre und dem Schwarzwalde und das Umbeugen der Ostalpen an dem südlichen Ende Böhmens sind am Schlusse des ersten Abschnittes besprochen worden. Es wurde insbesondere erwähnt, dass durch das südliche Ende der böhmischen Masse nicht nur das veränderte Streichen des Gebirges bedingt, sondern auch im Innern der Kalkalpen der Verlauf der Bruchlinien abgelenkt wird, während im Gegensatze hiezu weiter im Nordosten die gefalteten Aussenketten der Beskiden über das flache Steinkohlengebiet von Ostrau hinüberzugehen scheinen, etwa, wurde gesagt wie Wellen, welche an einem seichten Strande auflaufen.

Aber nicht nur die Alpen zeigen die Spuren dieses grossen Gegensatzes. Auch das nördliche Gebirge hat bei den Vorgängen, welche zur Entstehung des nordöstlichen Zweiges des Alpen-Systems führten, eine wesentliche Veränderung erfahren.

F. v. Hauer's geologische Karte von Oesterreich lässt recht gut erkennen, dass der von Senftenberg in Böhmen über Mährisch-Trübau und Tischnowitz bis Misslitz nördlich von Znaim in Mähren herablaufende Streifen von Rothliegendem die Grenze zweier von einander ganz verschiedener Gebirgsschollen, oder vielmehr den östlichen Rand einer derselben ausmacht. Dieser Streifen von Rothliegendem findet seine Fortsetzung noch viel weiter im Süden, am Aussenrande des Mannhartsgebirges bei Zöbing unweit von Krems in Nieder-Oesterreich.

Das Rothliegende liegt gegen West allenthalben unmittelbar auf altkrystallinischem Gebirge, nur bei Rossitz, südlich von Brünn, taucht unter demselben noch ein schmaler Streifen der oberen Lagen flötzführender Steinkohlenbildungen auf. Viele Meilen weit gegen West, durch das ganze südliche Böhmen und bis nach Baiern ist, abgesehen von einigen tertiären Braunkohlenlagern, nichts sichtbar als altkrystallinisches Gestein und auf demselben einige wenige, sehr vereinzelte Stücke von Kohle und Rothliegendem, wie z. B. bei Budweis. Dieses ist die böhmische Scholle.

Wesentlich von ihr verschieden ist die östliche, sudetische Scholle. Diese besteht, so weit sie auf österreichischem Gebiete liegt, aus krystallinischen, vielleicht

auch aus silurischen Gesteinen, dann aus einer mehrere tausende von Fussen mächtigen, wohlgegliederten Reihe von regelmässig nach Ost und Südost verflächenden Devon- und Culmschichten, denen ebenso regelmässig bei Ostrau in grosser Mächtigkeit die unteren Theile der flötzführenden Kohlenbildungen aufgelagert sind. Alle diese Schichten bilden einen mächtigen, concordanten Complex.

Bei Gabl und Landskron kommen die älteren Schiefergesteine, bei Gewitsch das Unter-Devon, gegen Brünn hinab das Mittel- und Ober-Devon und die Culmschichten an die sie schräge abschneidende Grenzlinie. Die Steinkohlenflötze von Ostrau sind schon weiter im Norden gleichsam unter die Vorberge der Karpathen hinabgetaucht.

In der Fuge zwischen der böhmischen und der sudetischen Scholle ist ein langer Streifen von Syenit heraufgestiegen, der gegen Süd, wie Foetterle gezeigt hat, ärmer an Hornblende wird und als ein Granitrücken sich bis nördlich von Znaim fortsetzt; auch die isolirte südlichere Reihe von Granitbergen bis Meissau ist eine Fortsetzung des Syenitzuges im Norden. Das Querprofil der Fuge von West nach Ost ist aber nördlich von Brünn folgendes.

Das Rothliegende neigt sich in grosser Mächtigkeit als feldspathführende Arkose, als rother Sandstein und Schiefer, dann als bräunlicher Schiefer mit Walchien, als rothes Conglomerat mit Porphyrgeröllen, endlich als schwarzgrüne Wacke und Schiefer regelmässig gegen Südost der Fuge zu. Die Neigung wird

gegen die oberen Schichten allmählich steiler und es folgt eine Bank von hartem, blauschwarzem, zum Theile zelligem Kalkstein, in welchem ich vergeblich nach Zechstein-Versteinerungen gesucht habe. Diese fällt etwa 50° SO. unter den Syenit, und ist bei dem Schlosse Eichhorn nur durch wenige Fuss zersetzten, sandigen Gesteins von demselben getrennt. Der harte Syenit enthält Lager von chloritischem Schiefer, welche möglicher Weise als ein verändertes Gestein anzusehen sind, und Beschläge von Malachit. Hat man den Syenit gekreuzt, so zeigt sich jenseits an der Schmelzhütte oberhalb Adamsthal die grosse Masse von devonischen Schichten, regelmässig nach Ost geneigt. Nur unmittelbar an dem Syenit macht der mitteldevonische Kalkstein mit Meganteris Archiaci eine zweifache Faltung und neigt sich entgegengesetzt, unter den Syenit.

Die Ränder beider Schollen, der böhmischen wie der sudetischen, neigen sich also unter die Ausfüllungsmasse der Fuge, und der Syenit ist jünger als beide.

Die westliche der beiden Schollen, die altkrystallinische, böhmische Scholle, setzt sich weit gegen Süd fort und die Reste von Rothliegendem an ihrem Saume zeigen, dass ihr Bruchrand unversehrt ist. Sogar die kleine aber schroffe, granitische Kette, welche die Fortsetzung des Syenits von Eichhorn, also, wenn der Ausdruck gestattet ist, gleichsam den erhärteten Kitt der Fuge bildet, setzt sich längs des Bruchrandes südlich von Brünn noch beiläufig 11½ Meilen weit fort. Wohin ist aber die östliche, devonische Scholle, wohin ist die

Fortsetzung der Flötze von Ostrau gerathen? Bei Olmütz war sie schon einmal quer durchbrochen und in steilen Falten, an denen Granit sichtbar wird, in die Tiefe gesunken,[68]) von Brünn angefangen ist sie ganz unter der tertiären Ebene verschwunden.

Desshalb kann ich mich, das Bild des Ganzen im Auge haltend, des Eindruckes nicht erwehren, als sei die altkrystallinische, böhmische Scholle ein Hinderniss für die Entwicklung der Alpen geblieben, die devonische Sudetenscholle aber während der Bewegungen, welche die Bildung unserer Hochgebirge veranlassten, gleichsam überwältigt in die Tiefe gedrückt und von ihrer alten Fuge längs der böhmischen Scholle abgelöst worden. So konnten die Karpathen ihr Streichen gegen Nordost nehmen. Die ausserordentliche Reibung der überschobenen Scholle an ihrem Untergrunde hat in den kaum entwirrbaren Ueberwälzungen aller Schichten des Aussenrandes der Karpathen Ausdruck gefunden. —

Das Ueberstürzen der äusseren Falten der Kettengebirge nach der Richtung des stauenden Hindernisses ist in der That stellenweise so auffallend, dass einer der gründlichsten Kenner ähnlicher Erscheinungen, H. D. Rogers, einst die Vermuthung aussprach, die Bewegung der Erdrinde, welche das Juragebirge erzeugte, sei gar nicht von den Alpen her, sondern aus Nordwest gekommen.[69]) In ähnlicher Weise hat E. v. Moyssisovics, in richtiger Erfassung der thatsächlichen Vorkommnisse und den Widerspruch derselben mit den herrschenden Ansichten einsehend,

erst vor Kurzem zur Erklärung des Baues der vorarlbergischen Kalkalpen angenommen, dass dieselben von Aussen gegen Innen zusammengeschoben worden seien, weil die grossen Falten und Brüche nach Nord überschoben sind und auch die Flyschzone widersinnig gegen die Alpen einfällt.[70])

Die unregelmässigen Umrisse der nördlichen und westlichen Gebirgsmassen hätten aber niemals durch einen von ihnen ausgeübten Druck die regelmässigen Aussenfalten der Alpen oder die nahe vor dem Fusse der Alpen liegende Faltung der Molasse erzeugen können, abgesehen davon, dass der allgemeine Verlauf der Ketten einer solchen Voraussetzung nicht entspricht. Wenn im Gegentheile eine bewegte Masse in einer gewissen Tiefe unter ihrer Oberfläche ein Hemmniss findet, so dass der andauernde Impuls sich nur in den höheren Theilen derselben äussern kann, müssen wohl Erscheinungen eintreten, wie sie an so vielen Theilen des Aussenrandes der Alpen und des Jura zu sehen sind.

Findet nun diese grosse, allgemeine Kraft, welche die oberen Theile des Planeten in so lange Falten warf, und diese Falten, Wellen gleich, an den westlich und nördlich vorliegenden Gebirgsmassen sich stauen liess, wirklich an diesen vorliegenden Massen ihr Ende, oder ist sie auch für den Aufbau dieser Gebirge massgebend gewesen?

Von dem Böhmerwalde berichtet F. v. Hochstetter: „Im ganzen Schichtencomplex der krystallinischen Gesteine von der Donau bis nach Böhmen hinein

herrscht übereinstimmend mit dem orographischen Verlaufe des Gebirges die Richtung von Südost nach Nordwest, sowohl in der Streichungsrichtung der krystallinischen Schiefer, als in der Einlagerung der Massengesteine, die Fallrichtung nach Nordost. Keine quer durchbrechenden eruptiven Gesteine in grösseren Massen, kein Centralstock, keine Centralaxe des Gebirges, keine Spur von späteren gewaltigen Störungen.“ [71])

„Dem ostbairischen Grenzgebirge“, sagt ebenso Gümbel, „fehlt in der That eine Centralaxe der Erhebung. Sie findet sich auch nicht im böhmischen Antheil, sondern im grossen Ganzen fallen alle Schichten des krystallinischen Schiefergebirges von seinen äussersten südwestlichen Rändern bis zu dem von jüngeren Bildungen erfüllten Kessel des centralen Böhmens in Nordosten gleichförmig nach der einen Weltgegend, nach Nordosten, ein. — Diese Axe lässt sich nach allen geognostischen Momenten auch nicht ausserhalb des Gebirges in noch weiter nach Südwesten gelegenen, jetzt zerstörten Urgebirgsmassen da suchen, wo jetzt jüngere Flötzformationen ihre Stelle gefunden haben. Es ist wahrscheinlicher, dass die merkwürdige Schichtenstellung Folge eines gewaltigen Seitenschubes sei, welcher die Gesammtmasse der Schiefer in ihrem hangenderen Schichtencomplexe erfasste und in der Richtung des geringsten Widerstandes aufstaute.“ [72])

Wir haben also den Böhmerwald und das ostbairische Grenzgebirge als ein einseitiges, gegen Nordost geschobenes Gebirge anzusehen. Senkrecht auf die

Richtung dieses Gebirges streichende Störungen werden in der Richtung des Erzgebirges bemerkbar, aber auch diese sind einseitig.

Im Erzgebirge selbst tritt wo möglich in noch auffallenderer Weise eine Bestätigung jener Erfahrungen hervor, welche eine Betrachtung der Alpen geboten hat. Schon im Jahre 1856 sprach Hochstetter die Meinung aus, dass das Erzgebirge durch eine grosse Einsenkung von dem Karlsbader Gebirge getrennt worden sei, und dass die Basalte des Mittelgebirges und des Duppauer Gebirges sammt dem Braunkohlengebirge auf der Senkung lägen.[73]) Man kömmt, meine ich, der Wahrheit noch um einen Schritt näher, wenn man voraussetzt, dass eine tiefe Kluft sich geöffnet habe, indem eine in der Erde vorhandene Spannung den Elasticitätsgrad der Felsarten überschritt, und dass hiebei der nordwestliche Flügel in der Richtung der Spannung gegen Nordwest fortbewegt wurde. Der Unterschied gegenüber den Alpen würde hauptsächlich darin bestehen, dass hier ein Theil des südlichen Randes der Kluft, nämlich das Karlsbader Gebirge aufrecht geblieben ist.

Wenden wir uns dem Iser- und Riesengebirge zu. Schon vor nahezu zwanzig Jahren hat Professor Beyrich in seiner Abhandlung über die Lagerung der Kreideformation im schlesischen Gebirge,[74]) den Anschauungen der damaligen Zeit weit vorangreifend, behauptet, dass nicht das Auftreten von Eruptivgesteinen, sondern nur die Verschiebung ganzer Gebirgsmassen im Stande sei, die Lagerung des Jura-

kalkes bei Hohenstein und die Aufrichtung und Ueberstürzung der Ränder der einzelnen Schollen von Kreideformation am nördlichen Gehänge des Riesengebirges zu erklären. Kunth hat seither gezeigt, dass in der Kreidemulde bei Lähn in Niederschlesien, zunächst am Nordfusse des Riesengebirges, der seitliche Druck aus Süd gekommen sei, wobei das im Norden vorliegende Gebirge demselben durch seine Festigkeit einen Gegendruck von Norden entgegensetzte.[75]) Zugleich wird, wie diess früher schon von Beyrich angedeutet worden war, diese Störung mit dem Einsturze des Hirschberger Kessels in Verbindung gebracht.

Es ist übrigens nicht die Aufgabe dieser Zeilen, eine Ordnung und Abgrenzung der zahlreichen Elemente zu versuchen, welche die grosse böhmische Gebirgsmasse zusammensetzen.

Es ist bereits von vielen Beobachtern in übereinstimmender Weise festgestellt worden, dass innerhalb derselben zwei sich rechtwinklig schneidende Streichungsrichtungen, nämlich eine nordwestliche und eine nordöstliche, zur Geltung kommen. Dieses Verhältniss erinnert an die gleiche Erscheinung in Schottland, wie sie von Sharpe schematisch dargestellt worden ist,[76]) und sie wiederholt sich einigermassen in Nordamerika durch die Näherung der pacifischen und der atlantischen Züge. Es scheint mir aber darum nicht nöthig, zur Erklärung solcher Vorkommnisse irgend eine leichtere Spaltbarkeit der Erde nach gewissen Richtungen anzunehmen, wie

diess in Amerika allerdings geschehen ist. In Böhmen bleibt bei den Gebirgszügen von beiderlei Streichungsrichtung das einseitige Bestreben gegen den Pol, das heisst senkrecht auf das Streichen gegen Nordost oder Nordwest, erkennbar. Die Wellen der Erdoberfläche treffen hier mit entgegengesetzten Richtungen aufeinander, kreuzen sich, und indem bald die eine, bald die andere Tendenz vorwiegt, bedingen sie die Mannigfaltigkeit des Landes.

Wenden wir uns aber weiter gegen Nordwest.

Mag man die Aufrichtung des Harzgebirges den beiden Granitmassen des Brockens und des Ramberges oder irgend einer allgemeinen Kraft zuschreiben, immer bleibt es zugestanden, dass diese Kraft nicht vertical gewirkt hat.[77]) Die Z-förmige Beugung und Ueberbeugung des Nordrandes bei Blankenburg entspricht den bisher angeführten Thatsachen und die weitere Aufrichtung jüngerer Schichten am Nordrande bei Goslar erscheint mir, nach den mir vorliegenden Darstellungen, nur als eine Aeusserung derselben seitlichen Kraft. Aehnlich verhält es sich wohl mit den zickzackförmigen Zerknitterungen der Schichten im Braunschweig'schen.[78])

Ferd. Römer schildert es vortrefflich, wie die Gestalt der Weserkette den Beobachter unwillkürlich zu der Annahme führt, „es habe hier eine einseitige Hebung längs einer Spalte so stattgefunden, dass nur die eine Lippe der Spalte gehoben sei und gegenwärtig die Bergkette bilde, während die andere Lippe in unveränderter wagrechter Lage verblieben

sei.“[79]) Der Umstand aber, dass, wie hinzugefügt wird, das südlich von dem Steilabfalle der Kette liegende Hügelland nicht aus jüngeren, sondern aus älteren Ablagerungen als die Kette selbst, nämlich aus Lias und Trias besteht, welche gleichförmig mit jenen der Kette selbst gegen Nord geneigt sind, zeigt allerdings, dass das Wesergebirge nicht auf einer Verwerfung entstanden sei, es spricht aber nicht gegen jene Anschauung von dem Aufbruche der Gebirgsketten durch eine allgemeine Bewegung gegen Nordost, Nord oder Nordwest, von welcher nun schon viele Beispiele angeführt worden sind.

Auch die Stücke von Steinkohlenformation, welche innerhalb der Weserkette sichtbar werden, und namentlich die grosse Scholle von Ibbenbühren entsprechen, wie ich Heine's Darstellung entnehme,[80]) recht wohl derselben Vorstellung. Es ist insbesondere das Profil bei Osterledde[81]) mit den nordwärts geneigten, gegen Süd aber durch eine Hauptverwerfung abgebrochenen Schichten der Steinkohlenformation und den südlich folgenden, südfallenden, aber in wiederholten Verwerfungen abgesunkenen jüngeren Sedimentbildungen, welche unseren Voraussetzungen entspricht.

Nichtsdestoweniger wird die Scholle von Ibbenbühren in der Regel als zur Linie des Teutoburger Waldes gehörig angeführt. Von dem letzteren Höhenzuge besitzen wir eine Beschreibung aus der Feder v. Dechen's, welche, was die tektonischen Verhältnisse betrifft, im Zusammenhalte mit der seither veröffentlichten Specialkarte als ein kaum zu übertref-

fendes Muster der Darstellung gelten kann.[82]) Diese Kette streicht mehr nach Süd als die Weserkette und nähert sich derselben gegen Ibbenbühren, wo zwischen beiden die Steinkohlenformation aufragt; sie begränzt das Flachland von Münster. Sie ist auch, wenigstens der Hauptsache nach, eine einseitige Kette, aber die Richtung der bewegenden Kraft steht hier im Widerspruche mit dem bisher Angeführten, und in der Mitte des Zuges kommen sogar Umkippungen vor, bei welchen die umgekippten Schichten gegen Nordost fallen. Auf diesen merkwürdigen Fall behalte ich mir noch vor, zurückzukommen.

Deutlich treten noch weiter gegen West die Folgen der polwärts strebenden Bewegung hervor, wo vom Hundsrück und Taunus einerseits bis zum rheinischen Kohlengebirge und andererseits bis zur Eifel, den Ardennen und den belgischen Kohlenfeldern hin alles Gebirge als eine ziemlich einheitliche Folge nordöstlich streichender Falten angesehen werden kann. Die grossen Arbeiten v. Dechen's und Dumont's enthalten zahlreiche Beweise dafür. Allenthalben fallen die zerknitterten Flötze des Südflügels der langen belgischen Kohlenmulde steiler ein, als die normal gelagerten Flötze des nördlichen Gegenflügels. Bei Lüttich ist das Devongebirge von Süd her übergeschoben über die Flötze, so dass z. B. bei Quièvrechain die Schachte durch devonische Schichten das Kohlengebirge erreichen.[83]) Gosselet hat kürzlich gezeigt, dass die Lagerung des Kohlengebirges bei Namur mit einer nordwärts gerichteten Ueberstürzung

zusammenhänge, welche am Südrande der Mulde bis in die mitteldevonischen Ablagerungen zurückgreift, auf welche wieder von Süd her silurische Schiefer aufgeschoben sind.[84])

Wo zwischen Valenciennes und Douai mit einem ziemlich raschen Buge das Streichen der Flötze, nachdem es allmählich von Nordost sich in nahe Ost verwandelt hat, in Nordwest übergeht, ist der zickzackförmige südliche Theil der Flötze mit einem grossen Bruche, dem Cran de retour, auf die Flötze des Nordflügels hinaufgeschoben.[85])

Die Fortsetzung der Ardennen ist vor dieser Wendung des Streichens unter den jüngeren Bildungen des Pariser Beckens verschwunden, aber die Spuren der Verschiebung halten an, nur ist diese nicht mehr nordwestwärts oder nordwärts, sondern, dem geänderten Streichen entsprechend, gegen Nordost gerichtet.

Bei Hardinghem, zwischen Boulogne und Calais, liegen Kohlenflötze zwischen zwei Lagen von Kohlenkalk, so dass man diese Flötze für älter als die Hauptmasse des Steinkohlengebirges und der Abtheilung des Kohlenkalkes normal eingelagert hielt. Allein Gosselet's Beobachtungen lehren, dass die Flötze von Hardinghem der Hauptmasse des flötzführenden Gebirges angehören, dass sie zwar dem unteren Kohlenkalke conform aufgelagert sind, dass aber der hangende Kohlenkalk, durch welchen der Puits de Providence dieselben erreicht, dem mittleren Theile des liegenden Kohlenkalkes mit Productus undatus ent-

spricht und mit einem Neigungswinkel von nur 12 Grad über die Flötze herübergeschoben worden ist.[86])

Godwin Austen hat im Jahre 1856 in einer sehr bemerkenswerthen Schrift die Vermuthung ausgesprochen, dass die belgisch-französischen Kohlenfelder unter dem Thale der Themse mit jenen von Bristol und dem südlichen Wales in Verbindung stehen,[87]) eine Ansicht, welche seither durch mehrere Bohrungen noch wahrscheinlicher geworden ist. Die Störungslinie des Artois soll ihre Fortsetzung in den North-Downs und jenen von Hants, also am Nordrande der Denudation des Weald, finden. „Es ist ein Merkmal, welches entlang dieser ganzen Linie zu beobachten ist, dass auf der Nordseite derselben die Schichten plötzlich und steil hinabtauchen.“[88])

Die flache Wölbung des Weald wurde vor Jahren von Hopkins als das Modell einer verticalen, domförmigen Erhebung ausführlich beschrieben[89]), aber es scheint nicht, dass die seitherigen genauen Aufnahmen dieser Gegend dieser Ansicht neue Beweisgründe zugeführt haben. Die eben erwähnte Steilheit der Aufrichtungen längs dem Nordrande,[90]) so wie der Umstand, dass Blatt VIII der grossen geologischen Specialkarte des Königreiches längs diesem Nordrande auch Brüche mit ungleicher Verschiebung der Seiten gegen Nord zeigt, weisen im Gegentheile darauf hin, dass auch die Wölbung des Weald durch eine flache Bewegung gegen Nord erzeugt worden sei. Es ist übrigens schon vor längerer Zeit die Einseitigkeit der Bewegungen der Erdrinde in

diesem Gebiete und die Steilheit der Nordseiten der Falten von Prof. Phillips als ausserordentlich merkwürdig hervorgehoben worden.[91])

Was ferner gegen die verticale Erhebung des Wealden spricht, ist das Vorhandensein eines zweiten, ähnlichen Faltensattels, welcher allerdings zum grossen Theile von dem Meeresarme bedeckt ist, dessen Nordrand aber mit steil aufgestauten Schichten im südlichen Dorset und auf der Insel Wight hervortritt.[92])

Im südlichen Dorset lässt dieser zweite Sattel westlich von St. Alban's Head und bei Kimmeridge die oberen Lagen der Juraformation hervortreten und es sind die Glieder der Kreideformation sogar stellenweise gegen Nord überschlagen.[93]) Aehnliche Aufrichtungen sind auch quer über die Insel Wight sichtbar. Die gegen Nord wirkende Seitenkraft tritt hier sehr deutlich hervor. In der Mitte der Insel Wight ist ein senkrecht auf das Streichen, also von Süd gegen Nord laufender Verschiebungsbruch, die Medina fault, vorhanden, an dessen Ostseite die Schichten noch um ein Stück weiter gegen Nord geschoben und noch steiler aufgerichtet sind als an seiner Westseite.[94]) Es ist diess eine Wiederholung jener Erscheinung, welche z. B. am Thuner See bereits erwähnt worden ist.

Schon seit langer Zeit kannte man in Frankreich eine eigenthümliche Störung, welche im Pays de Braye die oberen Glieder der Juraformation mit südöstlichem Streichen aus der Mitte jüngerer Ablagerungen herauftauchen lässt. Sie ist erst kürzlich

von Lapparent genau beschrieben worden.[95]) Der Querschnitt zwischen Rouen und Bethune[96]) zeigt eine von Südwest gegen Nordost vorgeschobene Falte, deren südwestlicher Abfall flach und lang gedehnt ist, während die gegen Nordost vorliegenden Schichten aufgestaut und vorwärts geschoben sind. Der flache südwestliche Abhang aber endet in grösserer Entfernung, an der Seine, mit einer Verwerfung.

Aus den umfassenden Arbeiten des Prof. Hébert geht ferner hervor, dass im nördlichen Theile des Pariser Beckens fünf parallele, von Nordwest gegen Südost streichende Störungslinien vorhanden sind, welche an der Meeresküste, an ihrem nordwestlichen Ende am stärksten ausgeprägt sind, während ihr südöstliches Ende sich allmählich zu verlieren scheint.[97]) Prof. Hébert folgert, den Einfluss des Seitendruckes wohl beachtend, dass zur Zeit des Kreidemeeres eine Annäherung der beiden Ufer, folglich eine seitliche Pressung der Ablagerungen eingetreten sei, welche sich auch zur Tertiärzeit, wenn auch in schwächerem Maasse, fühlbar gemacht habe.[98]) Es will mir jedoch scheinen, als reiche die einseitige Bewegung gegen Nordost hin, um alle Erscheinungen zu erklären, ja als entspreche sie, gerade in dem wichtigsten Falle, in der Störung des Pays de Braye, allein den beobachteten Lagerungsverhältnissen.

Die Frage, welche am Beginne dieses Abschnittes aufgeworfen wurde, kann jetzt beantwortet werden. Findet, wurde dort gefragt, die grosse allgemeine Kraft, welche die oberen Theile des Planeten in die

langen Falten des Alpen-Systemes warf und diese Falten an den westlich und nördlich vorliegenden Gebirgsmassen sich stauen liess, wirklich an diesen vorliegenden Massen ihr Ende, oder sind ihre Spuren auch innerhalb dieser Massen erkennbar?

Sie findet nicht ihr Ende. Dieselbe bald nach Nordwest, bald nach Nord oder Nordost wirkende Kraft, welcher Appennin und Alpen, Jura und Karpathen, Balkan und Kaukasus ihre Entstehung danken, hat auch den Böhmerwald und das Erzgebirge hervorgerufen. Sie äussert sich im Riesengebirge und verräth sich vom Harz bis Valenciennes durch die Ueberschiebung der Nordränder des mitteldeutschen Gebirgslandes. Sie lässt sich über Boulogne hinaus verfolgen und erscheint in den Störungen der Mitte des Paris-Londoner Beckens wieder. Es lässt sich sogar eine entfernte Aehnlichkeit zwischen den Aussenrändern des mitteldeutschen Gebirgslandes von Böhmen bis zu den Ardennen einerseits und den Aussenrändern der Alpen andererseits erkennen. Denn während die Alpen an ihrer Südseite entweder die nackten Bruchränder der einseitigen Gebirgskette zeigen, wie am Monte Viso, oder mit flach abfallenden Schollen von Sediment belegt sind, wie zwischen Schlern und Terglou, an ihrer Nordseite aber umgürtet sind von fortlaufenden Streifen von gefalteten oder überfalteten Schichten, erblicken wir auch an der Südseite des mitteldeutschen Gebirgslandes zwischen Passau und Amberg, in der Region des bojischen Gneisses, die fast nackte Innenseite eines einseitigen Gebirges, lagern

auch im fränkischen und schwäbischen Jura flach abfallende, allerdings noch viel weniger gestörte Massen von Sediment, und ist auch der Nordrand, so weit er sichtbar ist, umgürtet von einer fortlaufenden Zone aufgerichteter oder überschobener Schichten.

Die Stauung der Alpen, welche an und für sich nur eine den oberen Zonen des Erdkörpers angehörige Erscheinung sein kann, ist daher nicht durch den Widerstand einer stillstehenden, sondern einer ebenfalls, wenn auch langsamer und minder stetig, doch im Wesentlichen auch in Richtungen zwischen Nordost und Nordwest bewegten Masse hervorgerufen. —

Es gibt vielleicht noch einen Weg, um einen Blick auf die Beziehungen der Alpen zu der böhmischen Masse zu werfen, den ich aber, nach dem dermaligen Stande der Erfahrungen, nur anzudeuten im Stande bin.

Durch eine nicht unbeträchtliche Zahl von Beobachtungen ist festgestellt, dass dem südlichen, am schärfsten umgrenzten Theile der Einsenkung der Alpen bei Wien, der Umgebung von Neustadt, eine besondere Rolle bei Erderschütterungen zufällt. Von der Thermenlinie an, welche diese Gebirgslücke gegen West begrenzt, geht unter spitzem Winkel eine lange Linie hervorragender und wiederholter seismischer Thätigkeit gegen Nordnordwest ab, welche nicht nur ohne Ablenkung alle Faltungen und Thäler der Alpen durchschneidet, sondern auch, das Donauthal übersetzend, mit derselben geraden Richtung noch viele Meilen weit sich in die altkrystallinischen Gesteine

des Waldviertels, Mährens und Böhmens fortsetzt, ja sogar vereinzelte Spuren der Wirksamkeit. bis gegen Leitmeritz hin hat erkennen lassen.[99]) Sie wird als die Kamplinie bezeichnet.

An einem anderen Orte habe ich gezeigt, dass sonderbarer Weise dort, wo seismische Linien aus einem Hochgebirge heraustreten, ihre Wirksamkeit am stärksten ist. Diess gilt wenigstens für die drei mir bekannten Fälle. Wo die peripherische Linie der Liparen, nachdem sie Calabrien durchzogen hat, aus der Flyschzone des Fragmentes eines südlichen Flügels des Appennin hervortritt, und nur dort, entwickelt sich auf ihr ein Vulcan, der Aetna. Ich will zugeben, dass hier noch die Kreuzung von Radiallinien hinzukömmt, die Sache also minder klar ist; nicht so in den beiden anderen Fällen. Wo die lange Erdbebenlinie der Basilicata die Flyschzone des Appennin verlässt, und nur an diesem Punkte, erhebt sich auf ihr ein Vulcan, der Vultur. Wo die Kamplinie aus der Flyschzone der Ostalpen hervortritt, bei Lengbach, liegt der Ausgangspunkt der verheerenden Erschütterung vom 15. September 1590, der schrecklichsten, welche die Geschichte Niederösterreichs kennt.[100])

Diese Linie mag wohl ihren Ursprung in einer Tiefe nehmen, in welcher der Gegensatz zwischen dem alpinen und dem ausseralpinen Gebirge nicht besteht.

FÜNFTER ABSCHNITT.

Faltungen gegen Süd und Südwest. — Val Sugana und S. Orso. — Istrien und der Karst. — Isergebirge. — Teutoburger Wald.

Im Widerspruche mit Allem bisher Gesagten bemerkt man im mittleren Europa auch da und dort einzelne Gebirgstheile oder längere Streifen, welche gegen Süd oder Südwest überschoben oder überbogen sind. Wenn sie auch sehr vereinzelt sind im Vergleiche zu der Massenbewegung gegen Nord, so ist doch die Thatsache an und für sich so auffallend, dass sie genaue Prüfung verlangt. Ich werde die auffallendsten mir bekannten Fälle einzeln besprechen und darf mich hiebei nicht auf das Alpen-System beschränken.

Val Sugana ist ein schönes, breites, in seinem mittleren Theile von Ost gegen West, mit einer leichten Beugung gegen Nord, streichendes Thal im südöstlichen Tirol. Im Norden wird es von der Granitmasse der Cima d'Asta begrenzt, welche rings erzführender Thonglimmerschiefer umgibt; den südlichen Rand bilden die steilen Abhänge der Cima Dodeci, an deren Fuss im Thale Rothliegendes und Quarz-

porphyr, dann die rothen Gesteine der untersten Trias sichtbar sind, während die höheren weissen Wände aus den mittleren und höheren Theilen der Trias und wohl auch der rhätischen Stufe bestehen. Die Cima Dodeci bildet gleichsam den Nordrand der grossen Kalkscholle, auf welcher das Plateau der Sette Communi sich befindet, von welchem weiterhin die Rede sein wird.

Wer daher dieses Thal nur nach der Beschaffenheit der grossen, die hohen Gebirgszüge bildenden Massen betrachtet, findet von Nord gegen Süd Granit, Thonglimmerschiefer, dann die Thalfurche, hierauf Rothliegendes und Porphyr, dann die verschiedenen Glieder der Trias, also die normale Schichtfolge so vieler Punkte in den Südalpen.

Die mittleren und oberen Glieder der mesozoischen Schichtreihe vom braunen Jura bis zur oberen Kreide haben in mehreren Theilen Südtirols eine auffallend geringe Mächtigkeit. Von dem Orte Borgo angefangen gegen Ost sieht man nun aus der Tiefe des Val Sugana an dem Fusse der nördlichen Abhänge eine steile Hügelreihe sich erheben, welche die ganze Schichtfolge vom mittleren Jura bis zu den miocänen Scutellenschichten von Schio, mit Ausnahme der ältesten Tertiärbildungen, umfasst. Diese Schichtengruppe stellt sich rasch steiler und steiler auf, und wo der Torrente Maso von Norden aus den granitischen Felsthälern der Cima d'Asta herabkömmt, ist sie vollkommen umgebogen, jedoch so, dass der Nordrand des Hochgebirges an dieser Umbiegung theil-

nimmt, und Granit über erzführendem Thonglimmerschiefer, dieser über Jura u. s. f. liegt. Diese Ueberbiegung findet gegen Süd statt; gegen die Mitte des Thales endet sie rasch; die ebenfalls umgebogenen Tertiärschichten bilden ein Knie und liegen weiterhin nahezu horizontal.[101])

Diese merkwürdige locale Verkehrung der Schichtreihe ist also jedenfalls erst nach der Zeit der Schichten von Schio, und zwar, wie die Stellung des Rothliegenden und der Trias am südlichen Thalrande lehrt, selbständig von der Vertheilung der grossen sedimentären Hauptschollen dieses Gebirgslandes erfolgt.

Begeben wir uns an die gegenüberliegende, südliche Seite des Thales.

Gegenüber von Borgo liegen an den Abhängen der Trias flache Schichten einer miocänen Molasse mit Braunkohle, welche noch jünger sind als die Schichten von Schio. Ihre tiefen Lagen führen Cerithium lignitarum, Melanopsis, Venus u. A. Diese Molasse schiebt sich gegen Ost zwischen die Triasfelsen hinein, scheidet den vorspringenden Monte Civerone von der Masse der Cima Dodeci ab, ist hier zwischen den Triaswänden senkrecht aufgerichtet, endlich, gegenüber vom Torrente Maso, so überschlagen, dass in dem dortigen Braunkohlenbaue stellenweise ein steiles Einfallen gegen Nord, das heisst unter die Trias des M. Civerone bemerkt wird.

Die Kraft, welche den Granit am Torrente Maso gegen Süd über Tertiärbildungen beugte, ist also auch südlich innerhalb der Triasberge bemerkbar.

Kreuzen wir nun die Cima Dodeci und begeben wir uns an den südlichen Rand des Plateau's der Sette Communi. Die Querthäler der Brenta und des Astico lassen uns deutlich erkennen, dass das Gebirge hier in einer grossen, tonnenförmigen Anticlinale zur Ebene herabkömmt. Jura- und Kreideschichten sind es, welche in concordanter Lagerung das grosse Gewölbe bilden, und ihnen liegen ebenfalls concordant die Tertiärschichten auf, wieder mit Ausschluss der ältesten Lagen.

Wir beginnen die Besprechung des Südrandes im Osten.

An der Brenta bei Bassano stehen die Kreide- und Tertiärschichten senkrecht. Schon im nächsten Querthale, Val Rovina, sind die Köpfe der älteren Tertiärschichten südwärts übergebogen, es folgt aber gegen Aussen in diesen tertiären Schichten ein Bruch im Streichen, dann normale, allerdings steil gewölbte Schichtfolge gegen die Ebene. In Val Laverda stehen die Schichten fast senkrecht; sie fallen sehr steil normal gegen Süd; in den mittleren Tertiärschichten sind zwei Brüche im Streichen sichtbar, der erste als geknickte Anticlinale, der zweite als eine Verwerfung mit abgesunkenem und gebogenem Nordflügel. Bei Breganze und Carré sinken die tertiären Vorberge quer auf ihre Streichen unter die Ebene von Thiene hinab und am Fusse des M. Sumano erreicht diese

Ebene den nackten südlichen Flügel der grossen Anticlinale. Hier, bei S. Orso zwischen Piovene und Schio, ist die Kreide weit über die tertiären Schichten übergebogen, welche als ein schmaler Saum unter die riesige Masse des M. Sumano hinabzutauchen scheinen, wie diess Pasini schon vor vielen Jahren beschrieben hat.

Westlich fortgehend erreicht man bald die Stadt Schio und mit ihr die grosse, gegen Südsüdost herablaufende Bruchlinie, jenseits welcher die volle, auch die ältesten Glieder umfassende Schichtreihe der tertiären Bildungen sammt der Kreide südfallend zu sehen ist. Die Ebene von Thiene aber, eine in das Gebirge eingreifende Ausweitung der venetianischen Niederung, ist ein Senkungsfeld; diess ist schon aus dem Umstande erkennbar, dass an vielen Punkten ihres Randes die zackigen Schollen der Schichten von Schio hervorragen, welche zugleich hoch oben jenseits des Bruchrandes in flacher Lagerung die vicentinischen Tertiärbildungen krönen.

Es ist zu vermuthen, dass diese offenbar späte Senkung und ein von diesem Gebiete aus in tieferem Niveau auf das vorliegende Gebirge ausgeübter Druck gegen Nord die nachträgliche locale Ueberfaltung des sonst normal gebauten Gebirges in Val Sugana wie am Südfusse der Anticlinale zwischen Bassano und Schio veranlasst hat, ja es steht vielleicht die Bildung dieser steilen Anticlinale selbst mit der Senkung in Verbindung.

Der zweite Fall findet sich etwas weiter gegen Osten.

Die umfangreichen und mühevollen Arbeiten Stache's über den Karst, Istrien und die dalmatinischen Inseln haben das System von Faltungen klargelegt, welches dieses Gebirgsland von Nordwest gegen Südost durchzieht. Die Synclinalen sind viele Meilen lang; gegen Nordwest sind sie der Hauptsache nach nur zwei an der Zahl, gegen Südost treten Spaltungen derselben ein und ist ihre Zahl etwas grösser. In diesen Synclinalen liegt die Eocänformation des Karstes, und die nordöstlichen Ränder derselben sind, entgegen unseren Voraussetzungen, in den meisten Fällen stärker aufgerichtet als die südwestlichen, ja die ersteren sind nicht selten gänzlich überschoben, so namentlich am westlichen Abhange des Schneeberges und in der Tschitscherei südöstlich von Triest.[102]) Der nordöstliche Rand der grossen, südlicheren Synclinale, welche über Triest gegen Südost quer durch die istrische Halbinsel zu den Inseln des Quarnero herabzieht, wird als eine von über einander geschobenen, gegen Südwest abgebrochenen Hauptfalten gebildete Terassenlandschaft beschrieben, welche in der Richtung der Hauptabdachung in Stufen gegen Südwest abfällt.

Es ist diess vielleicht das bedeutendste Beispiel einer durch lange Strecken sich hinziehenden und in Parallelfalten sich wiederholenden Ueberschiebung gegen Südwest, welches wir in Europa besitzen.

Die Lage dieses ganzen Gebirgstheiles ist nun eine sehr ausnahmsweise. Die Breite des gesammten, in so grosse Falten gelegten Gebirgstheiles, aus Kreide und Tertiärschichten bestehend, misst von Parenzo

gegen Nordost, quer auf das Streichen gemessen, nicht weniger als etwa 10 geographische Meilen. Nach der entgegengesetzten Richtung, d. h. nach Südwest von Parenzo, sieht man in nicht viel mehr als der doppelten Entfernung dieselben Gebilde aus der Tiefe wieder hervorkommen, um die Vorketten und weiterhin auch einen grossen Theil der inneren Höhen des Appennin zu bilden. Das Streichen der Synclinalen des Karstes und Dalmatiens ist zugleich das Streichen des Appennin. Man hat ein gewisses Recht, den dalmatinischen Küstenstrich als den Rand einer grossen Mulde, einer Geosynclinale in dem später zu erörternden Sinne des Herrn Dana anzusehen, deren Gegenflügel im Appennin sichtbar ist. Unsere Küstenlinien sind aber Bruchränder; das Netz von engen Kanälen, welches die dalmatinischen Inseln trennt, gleicht ganz und gar dem langmaschigen Geflechte von Sprüngen, welches entsteht, so oft ein halbstarrer Körper gebogen wird. Die Tiefe der adriatischen Mulde ist also nachgesunken. Hängt das stufenweise Absitzen des Gebirges in der Tschitscherei mit diesem Nachsinken zusammen? Sind die Ueberschiebungen durch einen vom Appennin her ausgeübten, hier mehr von unten her wirkenden Schub veranlasst? Oder hat wirklich von Nordost her eine Bewegung des Gebirges stattgefunden? Ich kann es nicht unternehmen, irgend eine dieser Voraussetzungen weiter zu begründen, und zwar um so weniger als der Bau der dinarischen Alpen und der Kette des Dormitor kaum noch in seinen allgemeinsten Umrissen bekannt ist.

Der dritte Fall ist wieder von wesentlich anderer Natur. Es ist die viel besprochene seitliche Ueberschiebung, welche den Rand des Isergebirges und der damit zusammenhängenden Gebirge in schwach gewellter, gegen Ostsüdost streichender Linie von Oberau bei Meissen in Sachsen bis über Gitschin in Böhmen hinaus auf einer Länge von etwa 22 geogr. Meilen über die Kreidebildungen und Fragmente des sonst in dieser Gegend unbekannten Juragebirges herübertreten lässt oder diese Schichten wenigstens steil aufgerichtet hat. Es ist meine Absicht nicht, die vielen Schriften anzuführen, welche diese Linie erläutern.[103]) Es wird wohl allgemein zugegeben, dass es eine Bewegung der ganzen Gebirgsscholle war, welche so abnorme Lagerungsverhältnisse herbeigeführt hat, wie namentlich von Beyrich gezeigt worden ist. Zu untersuchen bleibt noch, ob diese Ueberschiebung nicht in irgend einem Zusammenhange stehe mit der Abtrennung und dem Hinabdrücken der sudetischen Scholle, welche S. 71 besprochen wurden. Die Länge der Bruchlinie, welche die böhmische Scholle gegen Ost begrenzt, beträgt, nur von dem letzten Lappen des Rothliegenden bei Zöbing in Niederösterreich bis in die Nähe von Senftenberg in Böhmen gemessen, etwa 26 Meilen, und die bedeckte Entfernung zwischen beiden grossen Störungslinien etwa 9—10 Meilen. Nun ist mir wohl bekannt, dass Wolf[104]) die nördlich von Senftenberg auftretenden Syenite als die Fortsetzung des Syenitstockes der Fuge bei Brünn ansieht, aber die entschiedene Krümmung, welche die letztere von Mährisch-

Trübau an gegen Nordnordwest macht, entspricht dieser Ansicht nicht, sondern führt vielmehr gerade in die Richtung der Verschiebungslinie des Iser- und Riesengebirges. Künftige Studien müssen lehren, ob ein solcher Zusammenhang besteht, welcher eine Trennungslinie von 57 bis 58 Meilen Länge ergeben würde und eine unerwartete Deutung dieser Ueberschiebung zur Folge hätte.

Das letzte Beispiel, welches ich erwähnen will, ist der Teutoburger Wald. Aus den früher erwähnten Arbeiten v. Dechen's ist ersichtlich, dass der Teutoburger Wald im Wesentlichen durch eine Aufrichtung der Schichten erzeugt wurde, welche einer Bewegung aus Nordost zu entsprechen scheint. An dem südöstlichen Rande der Senkung von Münster biegen sich die Schichten ohne Bruch allmählich im Streichen um und gehen aus der östlichen Richtung in die nordwestliche über; dabei richten sie sich immer steiler auf und sind stellenweise ganz gegen Südwest überschlagen, so dass sie in verkehrter Ordnung gegen Nordost fallen. Im weiteren Verlaufe des Zuges stellt sich wieder normale Lagerung her.

So bemerkenswerth diese vier Beispiele von Verschiebungen in entgegengesetzter Richtung auch sind, können sie doch in keiner Weise die aus dem Verlaufe des Streichens so vieler grosser Ketten, den grossartigen Ueberschiebungen ihrer Nordränder, den Brüchen ihrer Innenseite und zahlreichen, einzelnen Nebenerscheinungen geschöpfte Erfahrung beeinträchtigen, dass die Gesammtbewegung der Alpen und des ganzen

mitteldeutschen Gebirges bis zu den belgischen Kohlenflötzen im Wesentlichen gegen Nordost, Nord oder Nordwest gerichtet ist. Sie bilden nur Ausnahmen zu dieser allgemeinen Regel; sie zeigen aber, dass entgegengesetzte Bewegungen nicht ganz ausgeschlossen sind. Allerdings wird man nicht übersehen dürfen, dass, abgesehen von dem dritten, sehr abweichenden Falle, nämlich der Ueberschiebung des Isergebirges, alle drei anderen Fälle an der nördlichen oder nordöstlichen Begrenzung von Senkungsfeldern stehen; so entspricht das Senkungsfeld der Ebene von Thiene den Ueberfaltungen von S. Orso und Val Sugana, jenes der Adria den Ueberfaltungen der Tschitscherei und der Reka und jenes von Münster dem Teutoburger Walde.

SECHSTER ABSCHNITT.

Geosynclinalen. — Pelagische Sedimente des Alpen-Systems. — Alte Thierformen. — Lückenhaftigkeit der sedimentären Serie in vielen Gegenden. — Verbreitung der Cenoman-Stufe in der nördlichen Hemisphäre. — Die Allgemeinheit ihrer Transgression. — Scheinbares Zusammenfallen der grossen Transgressionen und der Eiszeiten. — Periodicität solcher Erscheinungen.

Babbage und Herrschel haben, wie bereits erwähnt worden ist, die Ansicht ausgesprochen, sinkende Theile der Erdrinde müssten in einer gewissen Tiefe in eine so hohe Temperatur gerathen, dass durch dieselbe eine Schwächung des betreffenden Theiles der Erdrinde, endlich ein Bruch herbeigeführt werden müsse.

Hievon selbständig hat Élie de Beaumont, bei Besprechung der concentrischen Anordnung der mesozoischen Sedimenträuder des Pariser Beckens, die Vermuthung geäussert, dass Senkungen durch die Zunahme der Mächtigkeit der Sedimente selbst, also in dem Maasse der steigenden Belastung, andauern.[105])

Diese beiden Gedanken erscheinen in verschiedenen Abänderungen, getrennt oder vereinigt, in vielen neueren Schriften über Gebirgsbildung, insbesondere in jenen von James Hall und Leconte.

Prof. Dana nennt solche Senkungsgebiete Geosynclinalen und nähert sich in seinen letzten Darstellungen sehr den Anschauungen Herrschel's.[106])

Es ist mir, ich gestehe es, nicht klar, wie, selbst wenn alle Prämissen richtig wären, durch Senkung und Erweichung einer ausgedehnten Fläche des Meeresbodens Gebirge entstehen könnten, welche auch nur einige Aehnlichkeit mit unseren grossen, an ihrer Aussenseite regelmässig gefalteten und nach Aussen überschobenen Ketten hätten.

Man wird ferner die Thatsache nicht übersehen dürfen, dass in den grossen Gebirgsketten zuweilen sedimentäre Bildungen von ziemlich jungem Alter unmittelbar auf den ältesten Felsarten der Kette lagern, und doch nachträglich auch noch gestört und gefaltet worden sind. Es hat also in diesen Fällen, wie z. B. in den Alpen und im Appennin ohne Zweifel noch nach dem Trockenlegen und neuerlichen Ueberfluthen dieser alten Felsarten, nachdem also die ursprüngliche Geosynclinale nicht mehr bestehen konnte, die gebirgsbildende Kraft angedauert, und ein nothwendiger ursächlicher Zusammenhang zwischen Geosynclinale und Gebirgsbildung kann schon aus diesem Grunde kaum zugestanden werden. Dagegen soll aber gar nicht geläugnet werden, dass allerdings die Art der Entwicklung mesozoischer Sedimente in vielen Fällen für die Annahme Herrschel's spricht.

Wenn jemand die Westalpen mit dem französischen Centralplateau oder die Ostalpen mit Böhmen vergleicht, fällt sofort die viel grössere Vollständigkeit

der sedimentären Serie in den Alpen und ihre Lückenhaftigkeit in den beiden anderen Regionen auf. Schlagend ist diess besonders in dem zweiten Falle. Unsere Ostalpen besitzen nicht nur eine sehr vollständige und sehr mächtige Reihe von Flötzbildungen, sondern es sind auch dort, wo sich die Aequivalente z. B. nach Schwaben oder nach Franken verfolgen lassen, die alpinen Vorkommnisse fast ausnahmslos von mehr pelagischer Ausbildung. Diess gilt z. B. in sehr ausgezeichneter Weise von der rhätischen Stufe, deren einzelne Abänderungen ich mit Bestimmtheit nur als Tiefenzonen eines und desselben Meeres ansehen möchte.

Es kann ferner als festgestellt gelten, dass in den nördlichen Ostalpen die minder pelagischen Zonen der rhätischen Stufe zu unterst liegen und dass über denselben die Ablagerungen immer tieferen Meeres folgen, so dass hier ein thatsächlicher Beweis von lange dauernder Senkung innerhalb des Gebietes der heutigen Ostalpen vorliegt.[107])

Ebenso kann man innerhalb der Breite der nordöstlichen Kalkalpen selbst in manchen Fällen eine Zunahme der pelagischen Merkmale gegen Süd wahrnehmen, wie diess Stur gezeigt hat.[108])

Die geringe und nur locale Vertretung von Schichten mit eingeschwemmten Süsswasser-Conchylien an der Grenze von Jura und Kreide und der fast ununterbrochene Anschluss von Meeresbildung an Meeresbildung an dieser Grenze, im Gegensatze zur Einschaltung der Wealden-Reihe in Norddeutsch-

land und England, ist ein weiteres Beispiel für das Vorherrschen pelagischer Bedingungen in den Alpen.

Abgesehen hievon findet die pelagische Bildung der grossen Kalkablagerungen der Alpen auch in anderer Weise Ausdruck, und zwar in dem wiederholten Auftreten sogenannter alter Typen des Thierreiches. Als man vor Jahren begann, die Fossilreste der mesozoischen Ablagerungen unserer Alpen mit jenen des übrigen Europa zu vergleichen, fiel die Vereinigung von organischen Formen älteren und jüngeren Gepräges in den Alpen so sehr auf, dass durch längere Zeit die chronologische Gleichstellung derselben nicht gelang und man sogar meinte, es müssten für alpine Vorkommnisse andere Gesetze der verticalen Verbreitung der Organismen gelten. Dieses Hervortreten alter Typen ist namentlich unter den Brachiopoden auffallend. Neben der grossen Spirigera oxycolpos der rhätischen Stufe, vielleicht der grössten Art einer sonst in der Devon- und Kohlenzeit am stärksten vertretenen Gattung, erscheint, wenn auch nur als grosse Seltenheit, ein schöner Brachiopode, den ich vor Jahren Waldheimia superba genannt habe. Herr Zugmayer hat aber an seither gefundenen Stücken gezeigt, dass diese Art eine wahre Retzia, wohl auch die grösste Form dieses sonst vorwiegend paläozoischen Geschlechtes sei. Das Auffallendste ist aber das Erscheinen einer in die Nähe von Spirigerina gehörigen Art, mit fächerartigen Erweiterungen der Schale, im Lias. Es sind mir vor längerer Zeit von unseren Reichsgeologen Brachiopoden aus den

Hierlatz-Schichten Dalmatiens und des mittleren Ungarn übergeben worden, unter welchen sich, und zwar häufig, eine der obersilurischen Spirigerina comata Barr. nahe verwandte Form befand. Ich möchte vermuthen, dass der von Gemellaro unter dem Namen Rhynchonellina Seguenzae angeblich aus tithonischen Schichten beschriebene Brachiopode mit derselben identisch sei.[109])

Im Laufe der letzten Jahre sind in den grossen Tiefen der jetzigen Meere nicht wenige Thierformen lebend angetroffen worden, welche man längst für erloschen hielt. Dieses Andauern von Lebensformen in der Tiefe erklärt sich wohl auf ziemlich einfache Weise. Viele Erfahrungen deuten darauf hin, dass die wesentlichsten Veränderungen des organischen Lebens durch Veränderungen der äusseren Lebensverhältnisse herbeigeführt worden sind. Diess zeigt sich am deutlichsten dadurch, dass die grösseren Veränderungen der Bevölkerung des trockenen Landes keineswegs immer zusammenfallen mit den Veränderungen der Meeresbevölkerung. Kaum wird dort, wo in der Kreideformation Meeresbildung auf Meeresbildung folgt, jemand zwischen Gault und Cenoman eine Hauptgrenze ziehen wollen, und doch zeigt Heer[110]), dass die Flora der unteren Stufen jener des Jura gleiche, während mit der Cenomanstufe in Grönland und Nordamerika und im mittleren Europa die Erde ein neues Pflanzenkleid anlegt. Ebenso kann man in den Tertiärablagerungen der Gegend von Wien sich davon überzeugen, dass die

grosse Aenderung der mitteltertiären Fauna von Landsäugthieren der Zeit nach nicht mit jener grossen Aenderung der Meeresfauna zusammenfällt, durch welche die mediterrane Bevölkerung verdrängt und eine neue, asiatische Fauna eingeführt wurde. Die Aenderung der Säugthierfauna ist erst zu einer späteren Zeit erfolgt. Das deutlichste Bild des vielfachen und verschiedenartigen Einflusses einer Aenderung der äusseren Lebensverhältnisse gibt aber die Reihe von theilweise heute noch andauernden Einwanderungen, Verdrängungen, Verschiebungen und Isolirungen, durch welche seit der Diluvialzeit allmählich die Bevölkerung Europa's ihren heutigen Zustand erlangt hat.

Die Bewohner der grossen Tiefen sind grossentheils diesen Einflüssen entrückt. In der That wäre es schwer, irgend eine unter den uns näher bekannten Naturerscheinungen anzuführen, durch welche die Lebensverhältnisse in den Tiefen eines grossen Oceans so sehr und auf solche Entfernungen dauernd sollten geändert werden, dass eine gänzliche Aenderung der Bevölkerung die Folge sein müsste. In diesen Tiefen haben sich nun in den jetzigen Meeren Thierformen von altem Gepräge erhalten und das Hervortreten alter Typen in gewissen Ablagerungen der Alpen deutet an und für sich auf ihre Bildung in grossen Tiefen.

In so ferne kann also allerdings ein grosser, und zwar namentlich der östliche Theil der Alpen als eine einstige Geosynclinale angesehen werden. Diese Geosynclinale hätte ihre Entwicklung vorzüglich zur Trias-

zeit gehabt. Betrachtet man aber andere Gebiete, so zeigt sich, dass die pelagischen Ablagerungen der Trias, welche unsere Ostalpen auszeichnen, nun schon an vielen Punkten bekannt sind, dass man sie aber überhaupt noch nie in Regionen ungestörter Lagerung gefunden hat. In den östlichen Karpathen, in Spitzbergen, im Himalaya und in den nordamerikanischen Cordilleren, auf Neucaledonien und Neuseeland, allenthalben befinden sie sich in gestörter Schichtstellung und den grossen Flächen ungestörter Lagerung fehlen sie. Das ist bei vielen anderen Formationen nicht der Fall. Sehr alte und pelagisch entwickelte Sedimente können an nicht wenigen Punkten in kaum geänderter Lagerung gesehen werden; eine Vergleichung des Vorkommens des Kohlenkalkes in und ausserhalb der Hochgebirge dürfte zu Resultaten ganz anderer Art führen, als jene sind, welche die Trias und in ähnlicher Weise auch die rhätische Stufe gibt. —

Wenden wir uns aber jetzt einer Betrachtung der ausseralpinen Länder zu.

Man kann in Europa nördlich vom Alpen-Systeme zwei grosse Regionen unterscheiden, von welchen die eine, westlich von Krakau, der Oder und dem Kattegat gelegen, dadurch ausgezeichnet ist, dass die älteren Sedimente, insbesondere die paläozoischen Schichten, in Falten gelegt sind, wie in Grossbritannien und Norwegen, in der Normandie, in Belgien, am Harze und in Böhmen, während östlich von derselben bis an den Ural hin flache, ungestörte Lagerung auch der ältesten Sedimente herrscht. Dabei zeigen sich

im östlichen Galizien, in den Tiefen des Dniesterthales und seiner Zuflüsse obersilurische Ablagerungen und der rothe Sandstein der Devonformation, welche nicht nur die nördliche Entwicklungsform beider Formationen sondern auch die ungestörte Lagerung des Nordens beibehalten haben, obwohl ihre geographische Lage südlicher ist, als jene von Prag.

Obwohl nun bei der flachen Lagerung aller Sedimente auf der grossen Tafel, welche das nordöstliche Europa bildet, wahre Discordanzen kaum zu beobachten sind, ist doch die Schichtenfolge eine sehr lückenhafte, und ebenso lückenhaft ist sie in Böhmen, am französischen Central-Plateau und in manchen anderen ausseralpinen Gegenden. Wie kömmt es nun, dass gewisse Formationen das Vorrecht haben, sich über diese weiten Flächen auszudehnen, andere aber nicht? Die Frage ist schon darum von besonderer Wichtigkeit, weil jede solche Ausbreitung zugleich die Verbindung mit der innerasiatischen Depression und mit den kalten Wässern des Nordens bedeutet.

Die Verfolgung der Transgression des sarmatischen Meeres über die aralo-caspische Niederung hat gezeigt, dass eine solche Communication die Einführung einer neuen, fremdartigen, kalten und artenarmen Fauna und die Verdrängung der mediterranen Fauna aus dem Donauthale bis über Wien herauf zur Folge haben konnte, und wir erfahren nun durch Theod. Fuchs, dass sich diese Verdrängung und Einwanderung auch über einen grossen Theil des östlichen Mittelmeerbeckens selbst erstreckt hat.

Es entsteht ferner die Frage, ob unsere bisherigen Voraussetzungen von localen Hebungen und Senkungen überhaupt ausreichen, um diese zeitweiligen Ueberfluthungen grosser Strecken zu erklären. Zur Erörterung derselben wähle ich ein besonderes Beispiel, nämlich die Verbreitung der Cenomanstufe der Kreideformation, sammt den ihr folgenden Turon- und Senonstufen in der nördlichen Hemisphäre.

L. v. Buch's vor sechsundzwanzig Jahren veröffentlichte Abhandlung über die Verbreitung und die Grenzen der Kreideformation[111]) zeigt, mit wie scharfem Blicke damals schon der grosse Geologe erkannt hatte, das etwas Fremdartiges, Abweichendes in der Verbreitung dieser Formation liege. Damals hatte schon Boué die Vermuthung ausgesprochen,[112]) dass zur Kreidezeit die Isothermen im atlantischen Meeresgebiete bereits eine ähnliche Lage hatten wie heute, und wurde diese Ansicht eben von F. Roemer bekräftigt.[113]) Damals hatte auch schon Lyell gezeigt, dass alle Kreideschichten Nordamerika's jünger seien als der Gault.[114])

Die seitherigen Beobachtungen, und insbesondere die Arbeiten schwedischer Naturforscher in Grönland haben nun gelehrt, dass L. v. Buch's Folgerung, die Kreideformation dringe nirgends weit nach Nord vor, eine irrige war. Ebenso sind unsere Ansichten über die Temperatur der damaligen Zeit, wenigstens was das trockene Land betrifft, durch die Beschreibungen der Landfloren von Heer, Lesquereux, Newberry u. A. erörtert und wesentlich verändert worden. Es wird

sich ferner sofort zeigen, dass die Grenze zwischen Gault und Cenoman, welche Heer aus der weitgehenden Aenderung der Flora folgerte, auch in der verschiedenen Verbreitung der Meere hervortritt. —

In Grönland sind nach Heer pflanzenführende Schichten der Kreidezeit, und zwar solche die dem Urgon zufallen, und andere, welche der Cenomanstufe zuzuzählen sind, bekannt. An einer Stelle, in der Gegend von Atane, hat Steenstrup auch marine Reste der Kreideformation entdeckt; nach Schlüter sind darunter zwei Arten von Inoceramus, deren eine dem unteren Senon, die andere vielleicht einer Art der Gosau entspricht.[115]) Bekanntlich besteht das westliche Grönland sonst aus krystallinischen und paläozoischen Felsarten oder aus solchen, die jünger sind als die Kreideformation.

Im nördlichen Europa ist die Kreideformation einer weitgehenden Zerstörung ausgesetzt gewesen; aber während in Schottland das einstige Vorhandensein des Neocom zweifelhaft bleibt, ist eine weite Verbreitung des oberen Grünsandes und der weissen Kreide über Schottland durch zahlreiche lose Reste erwiesen; es zeigt sich das Uebergreifen der Cenomanstufe über älteres Gebirge in noch erhaltenen grösseren und kleineren Schollen zu Morven in Argyllshire, auf den Inseln Mull und Inch Kenneth, ferner in den irischen Grafschaften Antrim, Londonderry und Tyrone.[116])

An mehreren Punkten greift auch in England die Cenomanstufe über die Verbreitungszone des

Gault und des unteren Grünsandes hinaus; sie liegt in South Devon auf der rhätischen Stufe und buntem Sandstein,[117]) bedeckt dann die jurassischen Klippen der Meeresküste der Normandie, verhüllt im Depart. de la Sarthe alle älteren Kreideschichten und lagert hier meist auf Jura, in der Vendée auf azoischen Felsarten. Endlich sind südlich von Rochefort, wo an der Mündung der Charente das Cenoman mit beigemengten Lignitspuren unmittelbar auf dem Portlandien liegt,[118]) in dem sogenannten Pyrenäenbecken alle Ränder der älteren Kreideschichten von der übergreifenden mittleren und oberen Kreide so verdeckt, dass die Zeitäquivalente von Neocom und Gault nur in den aufgestauten Gebirgen, in den Pyrenäen und den Corbières unter ihnen hervortauchend wieder sichtbar werden.

Nach der anderen Seite greifen mittlere und obere Kreide über Jütland und bis in das südliche Schweden über, wo sie wieder unmittelbar auf sehr alten Felsarten ruhen. Als Tourtia greift die Cenomanstufe über die belgischen Kohlenfelder; sie dringt nach Westphalen vor, liegt dann eine Strecke weit normal auf Gault, ergiesst sich aber im Osten, von der oberen Kreide begleitet, abermals weit über die Grenzen der älteren Kreidestufen hinausgreifend über Sachsen und Böhmen, ebnet da und dort zuerst Vertiefungen der Unterlage mit pflanzenführenden Lagen aus, füllt dann das Elbethal, lagert hier bald auf Granit oder Gneiss, bald auf silurischen Schichten, auf Kohlenbildungen oder permischem Sandstein, und

erscheint, durch eine grosse Denudation zertrennt, als eine vereinzelte Scholle mit gleichen Merkmalen jenseits des Böhmerwaldes bei Regensburg, gleichsam im Angesichte der Alpen wieder. Sie dringt als ein eingepresster Streifen an der merkwürdigen Linie, welche das devonische Gebirge der Sudeten von den älteren Massen Böhmens scheidet, bis Moletein und sogar bis Blansko bei Brünn vor, liegt in zerstreuten Lappen auf den Abhängen des Riesengebirges, taucht stellenweise in Schlesien aus der Ebene hervor und beginnt über dem weissen Jura Krakau's neuerdings eine zusammenhängende Decke zu bilden, welche im Angesichte der Karpathen die galizische Ebene bedeckt und sich in die weiten Niederungen des russischen Reiches und wohl bis in die asiatischen Steppen fortsetzt. Es ist überaus fraglich, ob im mittleren Russland und am Karatau Spuren von Neocombildungen unter den Cenomanschichten vorhanden sind; in dem ganzen letztgenannten Gebiete von Sachsen her kennt man sonst Neocom und Gault nicht. Die grossen Zähne von Polyptychodon finden sich bei Cambridge in dem Lager von Phosphatkugeln, welches unmittelbar ausserhalb der Stadt an der Basis des Upper-Greensand liegt; es ist derselbe Horizont, in welchem sie im Grünsandstein bei Kelheim in Baiern, im cenomanen Quader bei Raspenau in Schlesien, im Grünsandstein am Dniester-Ufer bei Onuth in der Bukowina und noch weiter im Osten, im Eisensandstein von Kursk wieder erscheinen.

Weit im Nordosten, am unteren Jenisei erscheint abermals die mittlere Kreide, und lose Geschiebe von cenomanem Alter, wie sie Dames aus der Umgegend von Bromberg, Judd aus Schottland beschrieben haben, deuten auch in diesen hohen Breiten Asien's auf eine einstige noch grössere Ausbreitung. Die arktische Form des oberen Jura und die mittlere Kreide scheinen nach Fr. Schmidt's und Lopatin's Untersuchungen über paläozoischen Schichten hier eine nicht geringe Ausdehnung zu besitzen. Höchst auffallend ist gewiss das Vorkommen der bezeichnenden cenomanen Micrabacia coronula als Geschiebe in diluvialen Schichten in etwa 71° nördlicher Breite. Nach Fr. Schmidt hat man einige Ursache zu vermuthen, dass auch die von Keyserling von den Ufern des Olenek beschriebenen Ceratiten der Cenomanstufe angehören.[119])

Coquand hat die eigenthümlichen Abänderungen beschrieben, welche die Fauna der Cenomanstufe in Algier zeigt.[120]) In den nördlichen Theilen der französischen Besitzungen in Africa ist die Kreideformation vollständig. Gegen Südwest scheint diess nicht mehr der Fall zu sein, wenigstens fand Maw bei Mogador und von der Stadt Marocco zum Atlas aufsteigend nur rothen Sandstein, welchen er der Kreideformation zuzählt und über diesem Lagen mit Exogyren, welche der Cenomanstufe angehören dürften.[121]) Unter dem rothen Sandstein aber findet sich alter grauer Schiefer mit hochaufgerichteten Bänken.[120])

Auch gegen Südost sind die älteren Glieder der Kreideformation unbekannt. Prof. Beyrich hat an den

von Overweg gesammelten Stücken gezeigt, dass in dem weiten Hochlande südlich von Tripolis bisher nur flach gelagerte Cenoman- und Senonschichten bekannt sind, unter welchen an dem Südrande der Hammada devonische Ablagerungen hervorkommen.[122])

Dieselben Ablagerungen mit der von Coquand beschriebenen Cenoman-Fauna hat Seguenza in übergreifender Lagerung auf den ältesten Felsarten des peloritanischen Gebirges in Sicilien und am Ostgehänge des Aspromonte in Calabrien nachgewiesen.[123])

Sie erscheinen in Ober-Aegypten wieder, unmittelbar auf dem viel älteren nubischen Sandstein ruhend, folgen von Theben nordwärts dem Nil, treten am Gebel Akaba an den Golf von Suez, überqueren, fortwährend dem nubischen Sandstein aufgelagert, die sinaitische Halbinsel,[124]) setzen weit nach Arabien, wahrscheinlich bis in's Hadramaut fort und nehmen zu beiden Seiten des todten Meeres und der Jordanspalte bis zum Libanon hin, ohne dass eine jüngere Unterlage als der nubische Sandstein sichtbar würde, den hervorragendsten Theil an dem Aufbaue des Landes.[125]) Lartet hat ein lehrreiches Gesammtbild des Auftretens dieser Schichten auf dem weiten Gebiete zwischen dem Libanon und dem südlichen Arabien, dem Hauran und der lybischen Wüste entworfen, welches die Grossartigkeit der Transgression heute schon erkennen lässt, wo sie noch fast nach allen Richtungen von unbekanntem Lande umgrenzt wird.

Die Cenomanstufe liegt in diesem grossen Theile des Orients auf dem nubischen Sandstein, welchen

ich nach Unger's Angabe zum Rothliegenden stelle und welcher auf keinen Fall jünger ist[126]); genau so liegt sie in Böhmen auf dem Rothliegenden.

Unter diesen Verhältnissen, da Lartet's Angaben über die Kreideformation sogar bis Hadramaut gehen und jene Russegger's weit den Nil hinaufreichen, bleibt es wünschenswerth, dass die Angaben über Abessynien einer neuen Vergleichung unterzogen werden. Dort liegen nach Blanford[127]) südlich von der Annesley-Bucht auf alten krystallinischen Felsarten zuerst ausgedehnte Lager eines alten, weissen, braunen, stellenweise auch rothen Sandsteins (Adigrat-sandstone) und auf diesen Bänke von Kalkstein (Antalolimestone) deren Einreihung in die Juraformation bei der Unvollständigkeit der vorgefundenen organischen Reste mir noch nicht hinlänglich begründet erscheint; hat man ja doch auch die cenomanen Kalksteine von Palästina ursprünglich der Juraformation zugezählt. Eine Ueberprüfung ist um so wünschenswerther, da Blanford selbst die Aehnlichkeit des Adigrat-Sandsteins mit gewissen älteren Sandsteinen Ostindiens andeutet.[128])

In der That ist es vor Allem Blanford's Verdienst, dass der Gegensatz hervorgehoben wurde, welcher zwischen dem östlichen Arabien, namentlich Omân und den nordwestlichen Provinzen des indischen Reiches mit Sind, Cutch und Gudjerat etwa bis zum unteren Nerbudda herab einerseits und dem südlicheren, centralen und östlichen Theile Indiens andererseits besteht. Es ist in der Hauptsache derselbe Gegen-

satz, welcher zwischen den Alpen und den durch ihre lückenhafte Sedimentreihe ausgezeichneten Gegenden des mittleren und nördlichen Europa erkannt worden ist. Noch im Runn of Cutch ist eine Reihe mariner Schichten des mittleren und oberen Jura vorhanden, aber schon am Nerbudda trifft man über Gneiss und pflanzenführendem Sandstein von strittigem Alter als erste Meeresbildung die cenomanen Schichten von Bágh mit Janira quadricostata. [129])

Während in Vindhya und Bundelkund die älteren Sandsteine vorherrschen, liegt weit im Ost, im östlichen Bengalen, Kreide auf Gneiss. [130]) Das centrale Indien wird nach Oldham's Darstellung von gar keiner versteinerungsführenden Meeresablagerung bedeckt. Alte krystallinische Gesteine, dann Sandsteine von verschiedenem Alter, pflanzen- und kohlenführende Schichten, über ihnen die grossen vulcanischen Decken des Deccan bilden die Oberfläche. [131]) Aehnlich ist es im Westen, im Südosten aber erscheint über Gneiss wieder eine Reihe von Meeresbildungen. Es sind die von Forbes und Stoliczka beschriebenen Kreide-Ablagerungen von Pondichery und Trinchinopoli. Das Profil von Salem bis an die Meeresküste bei Negapatam, welches King und Foote veröffentlicht haben, zeigt den einfachen und doch so lehrreichen Bau dieses Landstriches. [123]) Stoliczka hat drei selbständige Glieder in diesen Ablagerungen unterschieden, welche der Zeit von der Cenoman- bis zur Senonstufe entsprechen. [133])

So steht in Indien dem Nordwesten und dem Himalaya ein weites Gebiet gegenüber, welches vom untern Nerbudda bis in die Gegenden östlich vom Ganges und südlich bis Ceylon reicht, in welchem, so weit wenigstens die mir vorliegenden Angaben reichen, ältere Meeresbildungen fehlen und erst mit der Cenomanstufe eine grosse Transgression beginnt, wie im westlichen und südlichen Arabien, in Aegypten und Nubien, in Palästina u. s. f.

Um mehr als 40 Grade südlicher als die Vorkommnisse von Trinchinopoli, an der südöstlichen Küste Afrika's, von der Sta Lucia-Lagune im Lande der Zulu angefangen bis jenseits der südlichen Grenze von Natal, treten horizontale sandige Schichten auf, welche discordant auf den geneigten Schichten der viel älteren Karoo-Bildungen liegen. Griesbach hat gezeigt, dass ihre organischen Reste alle drei Stufen der Kreideformation des südlichen Ostindien in Afrika wieder erkennen lassen.[134])

Wir wollen aber nicht auf die südliche Halbkugel übergreifen.

Auch mitten in Central-Asien wiederholen sich die Spuren derselben grossen Transgression der Cenomanstufe. Am nördlichen Fusse des Kuen-lün traf Stoliczka rothen Sandstein überlagert von grobem, grauem Kalksandstein und chloritischem Mergel mit zahlreichen Schalen der Gryphaea vesicularis; diese bilden den Untergrund der Steppe und tauchen zwischen Yarkand und Kaschgar unweit von Kokrabad nochmals aus derselben hervor.[135])

Richthofen's bisherige Mittheilungen aus China führen nur paläozoische Gesteine an und erwähnen der Kreideformation nicht, aber noch weiter im Osten tritt abermals die mittlere und obere Kreide auf, ohne dass ihre normale Unterlage bekannt wäre. Die Ostküste des asiatischen Festlandes besteht in der Nähe der Mündung des Amur und längs der talarischen Meerenge nach Glehn's Karte aus krystallinischem Gestein;[136]) an der Westküste der gegenüberliegenden Insel Sachalin tauchen aber Kreideschichten hervor, welche nach Fr. Schmidt's Darstellung wohl vom Cenoman bis zum Senon reichen.[137])

Von den Kreideschichten auf den Aleuten und auf Aläska schweige ich, weil von Fr. Schmidt Zweifel über die Richtigkeit der Bestimmung geäussert worden sind. Auf Vancouver sind cenomane pflanzenführende Schichten bekannt, aber erst jenseits der Rocky Mountains vereinigen sich durch die Bemühungen Hayden's und seiner Mitarbeiter die Beobachtungen wieder zu einem zusammenhängenden Bilde des Auftretens der Kreideformation.[138])

Abermals treffen wir nur die mittlere und obere Kreide.

Ein breiter und mächtiger Gürtel von Ablagerungen, welche mit pflanzenführenden Schichten der Cenomanzeit beginnen, zieht sich aus hohen Breiten zwischen dem Ostabhange der Rocky Mountains und den paläozoischen Ablagerungen der Mitte des Continentes herab, dringt vielfach zwischen die gewaltigen Gebirgsketten des Westens, liegt zugleich mit seinem

Ostrande flach auf permischen Bildungen, stellenweise, wie im Saukthale am oberen Mississippi weit nach Osten vordringend, breitet sich dann, indem die Süsswasser-Einschaltungen des Nordens zurücktreten und der pelagische Charakter mehr und mehr vorherrscht, als eine grosse Kalksteinplatte, auf paläozoischen Schichten, im Llano Estacado auf rothem Sandstein ruhend,[139]) über Texas bis zu den Fällen des Brazos aus,[140]) zieht sich über Presidio del Norte und Chihuahua bis an die mexicanischen Sierren, enthält hier reiche Silberminen und tritt an der Westseite der Sierra Madre wieder auf.[141]) In diesem ganzen Gebiete beginnt die Kreideformation mit der Cenomanstufe. Während in den Gebirgen des Westens sich nun die Serie der Kreidebildungen durch das Auftauchen der älteren Glieder zu vervollständigen scheint, dauert gegen Süd noch auf weite Strecken die Transgression der mittleren Kreide fort.

Auf Jamaica und S. Thomas beginnen die sedimentären Schichten mit der mittleren Kreide.[142]) Wollten wir unsere Vergleiche auf die südliche Hemisphäre ausdehnen, so würden wir dieselbe Erscheinung, das Hervortreten der älteren Glieder in den Anden und eine grosse Transgression der mittleren Kreide in dem weiten brasilischen Reiche finden. Hartt hat gezeigt, dass über den paläozoischen und krystallinischen Felsarten Brasilien's die marine Kreideformation sich wahrscheinlich unter den jüngeren Bildungen des ganzen Amazonen-Thales hinziehe, und dass Kreidebildungen an vielen Punkten der Ostküste

bis Bahia und wahrscheinlich bis zu den Abrolhos vorkommen. Die Kreidebildungen beginnen hier mit einer Süsswasser-Ablagerung; die Meeresbildungen umfassen nach Hartt mittlere Kreide mit Ceratites Pierdenalis Buch, Cerat. Harttii Hyatt und anderen mit texanischen Cephalopoden übereinstimmende Arten, dann Senonschichten mit Inoceramus, endlich ein höheres Glied mit Mosasaurus.[143])

Kehren wir aber nach Texas zurück.

Der grosse Gürtel von Ablagerungen der mittleren und oberen Kreide setzt sich von hier gegen Ost, dann gegen Nordost fort, und wo derselbe, nachdem er von drei Seiten die Mitte des Continentes umzogen hat, bei New-Jersey sein nordöstliches Ende erreicht, gräbt man den Grünsand zur Düngung des Bodens, wie diess vor Jahren schon in Frankreich für die Glauconie der Sarthe empfohlen worden ist.[144]) —

Es zeigt sich aus allen diesen Angaben, dass rings um die nördliche Hemisphäre und wohl auch auf der südlichen, sehr ausgedehnte Landstriche ausserhalb der grossen Gebirgsketten vorhanden sind, in welchen, unmittelbar über viel älteren Gesteinen, in wenig gestörter Lagerung eine Schichtreihe getroffen wird, welche mit der Cenomanstufe beginnt. Ablagerungen mit Landpflanzen füllen, dieses Uebergreifen des Meeres gleichsam vorbereitend, oftmals die Tiefen des alten Landes zuerst aus und hier trifft man die erste wahre Dicotyledonen-Flora. So ist es an der Basis der Cenomanstufe auf Grönland, bei Aachen, bei Perutz in Böhmen, bei Moletein in Mähren, bei

Regensburg, so auf weite Strecken hin im westlichen Nordamerika und an vielen anderen Orten und es scheint, als seien grosse Binnenwässer gleichsam die Transgression des Meeres vorbereitend entstanden.

In dem cenomanen Meere kann man trotz seiner ausserordentlichen Ausdehnung gewisse Zonen deutlich von einander trennen. Schon im Jahre 1852 machte F. Römer darauf aufmerksam, dass in Nordamerika und in Europa wie in den Silur-Ablagerungen so auch in der Kreide je ein nördlicher und ein südlicher Gürtel zu unterscheiden sei. Jetzt können wir die südlichere cenomane Zone von Brasilien und Texas durch Algier, Fezzan, Sicilien, Egypten und bis jenseits des Jordan in einer Anzahl bezeichnender Thierformen verfolgen.

So verschieden aber auch z. B. die böhmisch-sächsische von der texanischen oder von der ostindisch-südafrikanischen Cenomanstufe ist, so kann doch kaum ein Zweifel darüber herrschen, dass sie synchronische Bildungen sind. Hayden sagt treffend in seinen Beschreibungen der Kreideformation des fernen Westens, welchen ich so vielfache Belehrung entnommen habe, dass diese Ablagerungen auf grosse Entfernungen hin wohl manches neue Merkmal annehmen, dass sie jedoch so wie das menschliche Antlitz sich nie so ganz verändern, als dass nicht eine erkennbare Spur der früheren Züge zurückbliebe. Dasselbe lässt sich in noch grösserem Massstabe von der mittleren Kreide der ganzen nördlichen Hemisphäre sagen.

Welches ist nun der Grund dieser so ausserordentlichen Erweiterung des Meeres zur Zeit der mittleren Kreide? Ich glaube nicht, dass unsere bisherigen Vorstellungen von localen Erhebungen und Senkungen ausreichen, um eine Transgression zu erklären, welche auf Disko und an der Küste von Natal, in einem so grossen Theile von Nordamerika und Brasilien, durch Mittel-Europa hin, von der westlichen Sahara bis zum Jordan, in Arabien, in Ostindien, in den Steppen von Kaschgar und auf Sachalin zur gleichen Zeit eintritt.

Als man die Erscheinungen der Diluvialzeit nur in Europa kannte, wurden verschiedene locale Ursachen für eine Herabminderung des Klima's aufgesucht. Der Eine entschied sich für eine Ablenkung des Golfstromes, der Andere für ein grosses Festland im Norden, ein Dritter, das Wesen des Föhn verkennend, für das Ausbleiben warmer Südwinde, für eine Ueberfluthung der afrikanischen Wüsten. Als man aber einsah, welche ausserordentliche Verbreitung die Erscheinung hatte, mussten allgemeine Ursachen zugestanden werden.

Liegt nicht der bald viel engeren, bald viel weiteren Verbreitung einzelner Formationen ebenfalls eine allgemeine, ja vielleicht dieselbe Ursache zu Grunde?

Der Tag ist noch nicht gekommen, an welchem sich diese Frage mit einiger Sicherheit beantworten liesse, doch kennen wir schon einige bemerkenswerthe Thatsachen. Die auffallendsten Transgressionen ausser-

halb der Hochgebirge gehören im Norden und bis in die gemässigte Zone herab, wenn ich nicht irre, dem unteren Theile der permischen Formation, dem oberen Jura, namentlich in seiner arktischen Entwicklung mit Aucella mosquensis, der mittleren und oberen Kreide, der Oligocänzeit und den Zeitäquivalenten unserer nordischen Blöcke an. Nun ist zu beachten, dass gerade in diesen Stufen das Vorkommen von eisgetragenen Blöcken angeführt wird. Im Rothliegenden hat sie Ramsay seit langer Zeit beschrieben; im oberen Jura Schottlands, und zwar gerade in Begleitung des Ammonites alternans, welcher im rüssischen Jura wieder auftaucht und bis an die Petschora reicht, hat sie Judd nachgewiesen;[145]) aus dem Cenoman von Cambridge kennt man sie durch Sollas;[146]) aus der weissen Kreide hat sie Godwin Austen schon vor längerer Zeit beschrieben; die Ausstreuung grosser Blöcke in die oligocänen Flyschmassen des Alpen-Systemes bis ins südliche Italien ist seit lange bekannt, ebenso jene der Diluvialzeit. Ich will hinzufügen, dass in ähnlicher Weise einige entfernte Anzeichen für die rhätische Stufe sprechen. Sollten nun wirklich grössere Verbreitung der Meere in der nördlichen Hemisphäre und Ausstreuung eisgetragener Blöcke zusammenfallen?

Diese Betrachtungen stimmen nicht überein mit Heer's Endergebniss des Studiums der arktischen Flora, dass nämlich bis zur Cenomanstufe fortwährend ein wärmeres Klima in den circumpolaren Gegenden geherrscht habe und erst mit der mittleren Kreide ein Herabsinken desselben eingetreten sei. Dagegen har-

moniren sie mit manchen der Voraussetzungen der zahlreichen Nachfolger Adhemar's, welche bald wie Croll einen periodischen Wechsel der Temperatur, bald wie Schmick eine abwechselnde Anhäufung des Meeres an dem einen oder dem anderen Pol annehmen. Allerdings ist dabei wohl zu beachten, dass das Erscheinen von Driftblöcken noch keineswegs ein sicherer Beweis für ein allgemeines Herabsinken der Temperatur ist, sondern dass im Gegentheile ihr Auftreten selbst bis in die Breite von Unter-Italien bei veränderter Vertheilung von Wasser und Land auch unter den heutigen Temperatur-Verhältnissen denkbar wäre.

Wie dem auch sei, es folgt doch, dass die sogenannten continentalen Niveau-Veränderungen nicht ausreichen, um die Verbreitung der einzelnen Formationen zu erklären. Die Thatsachen zwingen zur Annahme irgend welcher grösseren, allgemeinen Ursachen der zeitweiligen Erweiterungen der Meere, welche vielleicht mit allgemeinen Veränderungen des Klima's zusammenfallen. Das Wesen dieser Ursachen ist noch unbekannt, und weitere Vermuthungen können kaum fruchtbringend werden in einer Zeit, in welcher noch nicht einmal die wahre Gestalt des Erdkörpers und der Meeresoberfläche festgestellt sind. Aber schon die Erkenntniss des Umstandes, dass sie allgemeine seien ist auch in anderer Richtung ein Fortschritt. Wenn sie nämlich abhängig sind von den Bewegungsgesetzen des Himmels, wird man auch ohne die absolute Zeitdauer der einzelnen Abschnitte zu kennen, einen

gewissen Grad von Periodicität annehmen dürfen und folglich in der Vergangenheit des Erdballes eine Anzahl von Abschnitten von wahrscheinlich gleich langer Dauer unterscheiden können. Und selbst wenn eine solche Periodicität nicht zugestanden würde, wäre doch irgend ein natürlicher Anhaltspunkt für die Classification der geschichteten Gebirge gegeben, deren Gruppirung in Formationen jetzt, gestehen wir es, den Charakter eines künstlichen Systems an sich trägt und in mancher Beziehung eine andere wäre, wenn die ersten classificatorischen Arbeiten nicht im nördlichen, sondern im südlichen Europa ausgeführt worden wären.

Hiemit ändert sich auch unsere Ansicht von den Geosynclinalen. Viele Kettengebirge liegen in der That in jenen Regionen, in welchen die sedimentäre Serie vollständig oder doch die Entwicklung einer grösseren Anzahl von Gliedern eine mehr pelagische ist als in den Nachbar-Regionen. Von den Pyrenäen, Alpen, Appenninen und Karpathen, vom Balkan und Kaukasus, vom Himalaya und von den nordamerikanischen Cordilleren kann man diess wohl behaupten. Aber darum ist noch nicht zugegeben, dass diese Gebirge durch den Zusammenbruch eines sinkenden Meeresgrundes entstanden seien. Ihr regelmässiger Bau und Verlauf widerspricht einer solchen Annahme, und es gibt auch eine gute Anzahl von Gebirgsketten, welche nicht in Geosynclinalen liegen.

SIEBENTER ABSCHNITT.

Vorherrschend nördliche Richtung in Nordamerika und Europa. — Störungen im Meridian; Rothes Meer und Jordanspalte; Ural; die westlichen Ghats. — Geosynclinale des südlichen Himalaya. — Querprofil vom Südfusse des Himalaya zur Semiretschenskischen Ebene. — Nankukette und mongolisches Grenzgebirge in China. — Vorherrschend südliche Richtung in Central-Asien.

Die bisher besprochenen Gebirge stellen sich als einseitig bewegte oder sich bewegende Theile der äusseren Masse des Planeten dar und die Richtung der Bewegung lässt sich, insoweit die Beobachtungen dazu ausreichen, in jedem einzelnen Falle ermitteln. In den pacifischen Gebirgsketten Nordamerika's, der Coast Range, Sierra Nevada, Cascade Range, Wahsatch, Rocky Mountains u. a. ist sie nach Ostnordost, südlicher, wenn ich mich nicht täusche, mehr nach Nordost, in den parallelen Ketten der atlantischen Seite, den Alleghanies u. a. dagegen nach Nordwest gerichtet.

In Europa sind die Gebirgszüge im Allgemeinen kürzer, aber die einseitige Richtung der Bewegung ist dieselbe. In den Pyrenäen deutet sie gegen Nordnordost. In dem appenninischen Zweige des Alpen-Systems ist sie nach Nordost gerichtet, in den Westalpen nach West, nach Nordwest, dann nach Nord,

im Juragebirge nach Nordwest, in den Ostalpen nach Nord, in dem karpathischen Zweige nach Nordwest, nach Nord und endlich nach Nordost, am äussersten Ende nach Ost, im ungarischen Mittelgebirge nach Nordwest. In den croatisch-syrmischen Höhenzügen ist sie wegen der Mangelhaftigkeit der Ausbildung kaum erkennbar; für die dinarischen Alpen mangeln hinreichende Angaben. Im Balkan zieht sie nach Nord, im Kaukasus nach Nordnordost.

Innerhalb der den Alpen nördlich vorliegenden Länder ergeben sich ähnliche Resultate. In der böhmischen Masse gibt es Gebirgszüge mit der Verschiebungsrichtung nach Nordost, wie der Böhmerwald, und solche mit der Richtung nach Nordwest, wie das Erzgebirge. Bis zum Harz, dann bis zu den belgischen Steinkohlenfeldern treffen wir viele Spuren einer allgemeinen Bewegung, welche sich nach Nordwest, Nord oder Nordost, am häufigsten wohl nach Nordnordwest richtet. Innerhalb der belgischen Steinkohlenflötze geht sie nach Nordost über und Spuren dieser Bewegung lassen sich weit über den Canal verfolgen.

So wiegt überall die nördliche Richtung vor; entgegengesetzte Bewegungen sind selten und local. Das Streichen der Gebirgszüge, das ganze Relief der beiden Welttheile wird von dieser nordwärts gerichteten Bewegung abhängig. In manchen Fällen ist sie abgelenkt, am auffallendsten in den Westalpen und am östlichen Ende der Karpathen, aber es ist eine bemerkenswerthe Thatsache, dass in den von

den stauenden Hindernissen am weitesten entfernten Theilen des Alpen-Systems in der Richtung mehrerer grosser Brüche oder Verschiebungslinien, dem Lago Maggiore, dem Comer See (abgesehen von dem Arme von Lecco), den Judicarien, dem Garda-See, dann in der nicht radial auf die böhmische Masse, sondern seitlich erfolgenden Zerrung, welche die Senkung von Wien veranlasst, vielleicht auch in grösserer Entfernung in den Karpathen in der Bruchlinie der Hernad und im Appennin in der Erdbebenlinie der Basilicata immer wieder die nordnordöstliche Richtung hervortritt, als wäre diess in grösserer Tiefe die wahre Richtung der allgemeinen Bewegung und jede Ablenkung nur oberflächlich. Manche dieser parallelen Linien hat Richthofen schon vor längerer Zeit als solche erkannt. —

Wie dem auch sei, die nördliche Richtung tritt in dieser weiten, vom stillen Ocean bis zum kaspischen Meere reichenden, mehr als die Hälfte des Umfanges der nördlichen Halbkugel umfassenden Zone so oft und in so fast ausschliessender Weise hervor, dass man geneigt sein könnte zu folgern, es liege den faltenden Bewegungen der Erdoberfläche irgend ein allgemeines Gesetz des Zuströmens der Materie gegen den Nordpol in der nördlichen Hemisphäre zu Grunde.

Eine solche Folgerung wäre eine irrige.

Oestlich von dem bisher besprochenen Gebiete folgt eine Anzahl von grossen Störungslinien, welche beiläufig im Meridian verlaufen.

Die beiden ersten derselben, offenbar von geringem Alter, sind die mit vulcanischen Erscheinungen in Verbindung stehenden Spalte des rothen Meeres von Suez bis Aden, welche nach Nordnordwest gerichtet ist, und die Jordan-Spalte von der Ostseite des Sinai durch den Golf von Akabah, Wadi Arabah, das todte Meer und den Lauf des Jordan bis sum Libanon. Diese letztere Spalte möchte ich für die jüngere halten, weil sie auf die erste trifft, ohne sie zu kreuzen. Sie ist, wenigstens in ihrem mittleren Laufe, eine mit Senkung des westlichen Flügels verbundene Verwerfung. Ihr Streichen ist Nord, mit einer sehr geringen Abweichung gegen Ost.

Die nächste ähnliche Linie ist der Ural, mit einem Steilrand gegen Ost, mehr einer Verwerfung mit abgesunkenem Ostflügel, als einer Gebirgskette gleichend, doch mit einiger Faltung an der Westseite. Hochstetter hat kürzlich erst den Gegensatz des sanften westlichen und des steilen östlichen Abfalles und das Hervorquellen von Hornblende- und Augitporphyr an dieser langen Spalte anschaulich beschrieben und in Uebereinstimmung mit vielem von dem hier Gesagten diese Eruptivgesteine mit den Trachyten an der Südseite der Karpathen, den Melaphyren und Augitporphyren an der Südseite des Balkan, den Basalten an der Südseite des Erzgebirges und den thätigen Vulcanen an der Innenseite des Appennin verglichen.'[147])

Die Fortsetzung des Ural gegen Nord bildet mit gleichem Baue, doch mit leichter Schwenkung nach Nordost die Doppelinsel Novaja Zemlja.'[148]) Nach Süd

geht das Gebirge fächerförmig in drei Strahlen auseinander; endlich sinkt der gerade nach Süd gerichtete südlichste Höhenrücken Muchadjar unter die Steppe hinab. Durch mehr als dreissig Breitegrade ist diese grosse Theilungslinie angedeutet.

Eine weitere grosse Störung ähnlicher Art sind vielleicht zum Theile die hohen westlichen Ghats in Ostindien, mit gegen das Meer gerichtetem steilem Bruchrande. Sie werden als ein einfacher Abbruch beschrieben, es ist aber schwer zu entnehmen, ein wie grosser Theil des Steilrandes nur eine Folge der Denudation ist. —

Diese grossen Störungen in der Richtung des Meridians, welche nur durch so wenige Längengrade von einander getrennt sind und einen so wesentlich anderen Verlauf haben als die bisher besprochenen Kettengebirge, scheinen in der That eine ganz besondere Bedeutung für die Gestaltung unser Erdoberfläche zu besitzen.

Innerhalb dieser Zone, nordöstlich von der Jordan-Spalte, trifft man noch ein deutlich nordnordostwärts bewegtes Gebirge, den Kaukasus, aber schon in dem nächsten gegen Ost folgenden Gebirgszuge, dem Alburs-Gebirge, sind einige Zweifel berechtigt. „Bemerken will ich nur," schreibt E. Tietze[149]), „dass dem Alburs-Gebirge trotz seiner Breite und Höhe eine krystallinische Axe fehlt. Wohl kommen zum Beispiele alte syenitische oder granitische Gesteine an einigen Punkten vor, aber eine ununterbrochene Zone krystallinischer Schiefer mangelt dem Gebirge. Doch kommen in

der weiteren Umgebung von Asterabad wenigstens azoische Schiefergesteine vor, welche dort das älteste sedimentäre Formationsglied sind. Nicht ohne Interesse aber ist es, hervorzuheben, dass jene alten Schiefer dort nicht etwa eine mittlere Zone in der Alburskette bilden, sondern ziemlich randlich an der Nordseite dieser Kette auftreten."

Bei der Betrachtung der Karte Asiens tritt nun Eines sofort hervor. Alpen, Jura und Karpathen beschreiben in Europa von den nach West gedrängten Massen der Westalpen bei Lyon bis zu den nach Ost geschobenen äussersten Ketten der Karpathen an der Grenze der Moldau, grosse Bogenlinien, deren Convexität nach Nord gerichtet ist; mit Ausnahme der Beugung der Alpen bei Wien kennt man überhaupt in Europa keine grössere Gebirgslinie, welche nach Süd convex wäre. In Asien ist diess nicht so. Der Himalaya beschreibt mit seinen Hauptketten eine nach Südwest gewölbte Curve und die ihm im Punjab vorgelagerte Salt Range ist nach Süd convex. Mit geringerer Krümmung und nur allmählicher Abweichung setzt sich dieser Verlauf des Streichens bis weit in die auseinandertretenden hohen Ketten Central-Asiens fort.

In ihren südlichen Vorländern, in dem weiten Ostindien, hat sich unter der Führung Oldham's eine glänzende Schule von Geologen gebildet, welche auch die allgemeine Frage von der Entstehung der grossen Hochgebirge zur Erörterung gebracht hat.

Der Ansicht Strachey's, dass der Himalaya durch die Erhebung einer centralen Axe gebildet worden sei,[150]) sind bereits von Seite der indischen Geologen andere Anschauungen entgegengesetzt worden. Medlicott hat auf Grund einer Untersuchung des südlichen Abhanges sich dahin ausgesprochen, dass es sich am meisten empfehle, im Norden des krystallinischen Gebirges ein grosses Senkungsfeld vorauszusehen, verbunden mit grosser Bildung von Sediment, also etwa im Sinne Const. Prevost's, oder wie Medlicott anführt, im Sinne der Theorie'n von Babbage und Herrschel. Dabei sei auf das jetzige Gebirge ein Druck verbunden mit Faltenbildung von Norden her ausgeübt worden.[151]) — Lassen wir jedoch die bis jetzt veröffentlichten Beobachtungen über die Natur der Sedimente und den thatsächlichen Bau des Gebirges sprechen.

Die Armuth an Meeresbildungen und die Transgression der mittleren Kreide vom Süden bis an den Nerbudda und bis Bengalen herauf ist bereits besprochen worden. Indem man sich nun dem nordwestlichen Himalaya nähert, vervollständigt sich die Reihe der Formationen.

In dem sonderbaren Höhenzuge, welcher aus der Niederung von Cutch emporragt, trifft man nach Wynne und Fredden's Angaben ausser dem im Nordosten hervorragenden Syenitstocke, marinen Jura, welcher nach Waagen vom Gross-Oolith bis zum Tithon reicht, pflanzenführenden Ober-Jura, der jedoch auch stellenweise Meeres-Conchylien führt und jünger sein

soll, als die Tithonstufe, dann verschiedene subtertiäre, ferner Eocänbildungen und die jüngere Tertiärformation.[152]) — Noch viel vollständiger ist die Schichtenreihe in der dem nordwestlichen Himalaya vorgelagerten Salt Range. Hier wird schon fast die ganze Serie der Formationen angeführt, von silurischen Schichten mit Obolus bis zu den jüngsten hinauf, die Trias allerdings fast nur vertreten durch Schiefer und Sandsteine mit Salzpseudomorphosen, die Kreideformation nur durch olivengrünen Sandstein mit wenig Fossilien u. s. w. Wynne, dem wir die letzte allgemeine Arbeit über diese Gegenden verdanken, welcher ich Vieles des Nachfolgenden zu entnehmen haben werde, hebt hervor, dass ein Unterschied zwischen der Entwicklung der Sedimente in der Salt Range und jener im Himalaya bestehe, welcher ganz ähnlich sei der Verschiedenheit ausseralpiner und alpiner Sedimente in Europa.[153])

Fortschreitend gegen Nord trifft man in der ersten Kalkzone des Himalaya im oberen Punjab den von Waagen und Wynne studirten Mount Sirban,[154]) welcher über dunklem, altem Schiefer, rothen Sandstein und Schiefer, dann lichten, zuweilen mächtigen Dolomit, Kalkstein mit Dicerocardium und Megalodon, die jurassischen Thonschiefer des Spiti mit Perisphinctes und Belemnites, Kreide mit einer an Gault erinnernden Fauna, dünngeschichteten Kreidekalk, endlich die Nummulitenformation aufweist. Im Innern des Hochgebirges endlich, in der zweiten Kalksteinzone folgt jene so wunderbar mit unseren Ostalpen

übereinstimmende Schichtenreihe von Spiti mit Halobia und Arcestes in der Trias, mit Dicerocardium und Megalodon, mit den Kössener- und Hierlatzschichten u. s. f., welche Stoliczka im Jahre 1865 aufgefunden hat.[155])

Durch diese Angaben ist der Nachweis geliefert, dass der Himalaya auch der Region einer Geosynclinale der mesozoischen Zeit angehöre, wie die Ostalpen und so viele andere Hochgebirge. —

Betrachten wir jetzt die Lagerungsverhältnisse.

Der Höhenzug in Cutch,[156]) welcher oben erwähnt wurde, besteht aus einer gegen Nordost gelegenen Syenitmasse, auf welche, nach einer Unterbrechung durch die Niederung, gegen Südwest in einigen leichten Falten die sedimentären Bildungen folgen. Ich will nicht sagen, dass dieser entfernte Punkt in irgend welcher näheren Beziehung zum Himalaya stehe, aber es ist bemerkenswerth, dass in diesem kleinen Falle im Wesentlichen derselbe Plan des Aufbaues befolgt ist, wie in den folgenden so ausserordentlich viel grösseren.

Aus der Salt Range kenne ich ausser den älteren Arbeiten von Fleming[157]) nur das Profil des Diljubba-Berges, eines östlichen Ausläufers der Kette, von Wynne.[158]) Es geht von Nordwest gegen Südost und zeigt eine von dieser Richtung her aufgedrückte Falte, deren Nordflügel abgesunken ist. Auch die jungen, knochenführenden Tertiärschichten sind gehoben.

Jenseits der Salt Range erreicht man den Gürtel mächtiger tertiärer Bildungen, welcher den ganzen

Südfuss des Himalaya umgürtet. Zwischen dem Raveeflusse und Ganges ist er von Medlicott,[159]) im oberen Punjab von Wynne[160]) näher untersucht worden. Beide fanden denselben in der Nähe des Hochgebirges gefaltet und gestört, und das Hinabtauchen der Schichten unter den vorderen Rand des höheren Gebirges ist die Regel. Nach einem Besuche der Schweiz hat Medlicott der Vergleichung der Anticlinale der Schweizer Molasse mit der Lagerung in den subhimalayischen Bergen eine eigene Abhandlung gewidmet.[161]) Die thatsächlichen Verhältnisse werden als ganz gleich geschildert; sie werden einem vom Hochgebirge her ausgeübten Seitendrucke zugeschrieben. Aus der Uebereinstimmung der localen Anhäufungen von fluviatilem Geschiebe in der subhimalayischen Molasse mit der Lage der heutigen Flussthäler wird gefolgert, dass schon vor Anlagerung dieser Molasse die Thäler und Gebirge etwa dieselbe Gestalt haben mussten wie heute, dass also eine grosse Hebung wie sie in den Alpen vorausgesetzt wird, nach Ablagerung dieser Molasse nicht denkbar sei; es seien im Gegentheile Senkungen als Ursache anzunehmen. Ich bin der Ansicht, dass Senkungs- eben so wenig als Hebungs-Erscheinungen diese seitliche Bewegung erklären. Die Regel in der Schweizer Molasse ist, wie aus den Profilen von Kaufmann, Rütimeyer u. A. entnommen werden kann, dass, abgesehen von untergeordneten Störungen, die Schweizer Molasse gegen die Alpen von Nord her sich erhebt und dann einen oder zwei Sättel bildet, deren kürzerer südlicher Flügel unter

die Alpen hinabzusinken scheint. Nur eine einseitige horizontale Verschiebung der Masse des Gebirges kann diess hervorbringen; die gleiche Ueberschiebung der subhimalayischen Molasse ist ein Zeichen, dass hier die allgemeine Bewegung gegen Süd gerichtet ist.[162])

Die von Wynne veröffentlichte Uebersicht des Verlaufes der scharfen Grenzlinie zwischen den tertiären Vorbergen und der nächsten Zone des Gebirges lehrt sogar noch mehr; sie zeigt, dass der Südrand des Himalaya gleichsam aus zwei Gebirgselementen besteht, von welchen das eine von Afghanistan bis an den Jhilamfluss diese Linie als eine leicht nach Süd convexe Curve erkennen lässt, dass dann diese Linie plötzlich an dem Jhilamflusse bis Mozufferabad zurückweicht und von da an in veränderter Richtung gegen Südost sich fortsetzt, als sei gleichsam das Gebirge des oberen Punjab weiter nach Süd gerückt, ähnlich der verschiedenen Vorschiebung einzelner Gebirgstheile in das Schweizer Molassengebiet. Die nächste Zone des Himalaya umfasst nach der bereits angeführten Schichtenfolge des Sirban, Sedimentbildungen von alpinem Charakter, unter diesen auch schon den Kalkstein mit Megalodon und Dicerocardium; bei Simla scheint die Gliederung dieser Zone noch nicht vollständig durchgeführt; sie ist verhältnissmässig schmal und sehr gestört. Das Profil des Sirban ist, nach den vorliegenden Zeichnungen zu urtheilen,[163]) das einer von Nord oder Nordwest her bis zur Zerreissung überschobenen Falte. Diese Zone

kann als das tektonische Aequivalent der Kalkzone der nördlichen Ostalpen angesehen werden.

In der weiteren Aufzählung folge ich den Arbeiten Stoliczka's.[164])

Hienach wäre den beiden bisher besprochenen Zonen, nämlich der subhimalayischen Tertiärzone und der ersten Kalkzone eine Breite von etwa 84 englischen Meilen zuzuschreiben, wovon allerdings bei Weitem der grösste Theil der äusseren, tertiären Zone zufällt.

Die nächste Zone, welche als die geologische Axe des Himalaya bezeichnet wird, besteht hauptsächlich aus porphyrartigem Gneiss mit Gängen von porphyrartigem Albit-Granit in einer Breite von durchschnittlich 14 englischen Meilen. Stoliczka bezeichnet sie auch als den Centralgneiss.

Die dritte Zone, nicht weniger als etwa 55 englische Meilen breit, umfasst die grosse Reihe von Sedimentbildungen vom Unter-Silur bis zur Kreide, mit Inbegriff der alpinen Aequivalente der Trias und der rhätischen Stufe, welche die höchsten Gipfel des nordwestlichen Himalaya bildet und, abgesehen von untergeordneten Falten, im Ganzen die Gestalt einer grossen Synclinale hat, deren Mitte beiläufig das Spiti-Thal bildet.

Die vierte Zone misst im mittleren und nördlichen Rupschu etwa 35 englische Meilen und ist aus Chlorit und Glimmerschiefer, Schiefer und etwas Gneiss gebildet. Sie schliesst gegen Nord mit der Tsomoririkette, welche aus Epidot und Diallag führenden, oft

syenitartigen, massigen Felsarten, gabbroähnlichen Gesteinen und einzelnen Serpentin-Vorkommnissen besteht.

Wir haben den oberen Indus erreicht. Unter den grössten Mühen hat Stoliczka das Fortstreichen dieser Zonen gegen Nordwest im westlichen Tibet sichergestellt; was nun folgt ist wesentlich verschieden, nämlich eine grosse Masse von nummulitenführendem Sandstein, gegen Süd durch eine lange Strecke nahezu durch den Lauf des Indus abgegrenzt.[165]) Sie dehnt sich gegen den Karakorum aus und nimmt wahrscheinlich gegen Ost eine überaus grosse Fläche ein.

Ueber das nördlich folgende Gebiet sind die Mittheilungen, welche mir zu Gebote stehen, spärlicher; die in Aussicht gestellte Veröffentlichung von Stoliczka's Beobachtungen wird diese Lücke sicherlich ausfüllen. Am östlichen Karakorum scheinen nach den Notizen des kühnen und unglücklichen Hayward, der eine so vortreffliche Karte dieser Gegenden geliefert hat,[166]) nur Schiefergesteine und Granit vorzukommen, doch liegen im Chang-Thang-District hoch im Gebirge ausgedehnte Salzgruben. Wie sich zeigen wird, tritt viel weiter im Norden Salz im Rothliegenden auf.[167]) Der hohe Gipfel, welcher das Hochplateau Lingzi-Thung überragt, besteht aus Granit.

Durch das Quellgebiet des Karakasch erreichen wir Schadulla am Kuen-lün. Hier traf Stoliczka[168]) nur syenitischen Gneiss und durch grosse Strecken hin granitführenden Glimmerschiefer und andere alte

Schiefermassen in vielfach gestörter Lagerung. Erst nördlich vom Passe Sanju in der Nähe des Lagerplatzes Yam erscheinen über chloritischem Schiefer schwarze Schiefer, überlagert von Sandstein und Conglomerat, welche deutlich sedimentären Ursprunges sind. Sie fallen 40—50° Nord, und werden durch eine Verwerfung abgeschnitten, welche neuerdings die krystallinischen Schiefer zu Tage bringt.

Bei Camp Kiwaz kömmt unter dem neuerdings erschienenen Conglomerate Bergkalk mit Spirifer und Fenestella hervor, und weiterhin wird als jüngeres Glied rother Sandstein sichtbar. Diesen überlagert am nördlichen Saume des Gebirges von Sanju angefangen grober grauer Sandstein und chloritischer Mergel der mittleren Kreideformation mit einer Unzahl von Gryphaea vesicularis. Diese Lagen, welche ich bereits im vorigen Abschnitte erwähnt habe, nehmen eine weite Ausdehnung und tauchen unter die Lössdecke, welche die Ebene von Yarkand deckt.

Von Kaschgar bis Yarkand werden andere Bildungen als jene der Ebene nicht gesehen, nur der Gryphäenmergel taucht noch einmal hervor.

Unermüdet zog, am 1. Jänner 1874, Stoliczka mit Col. Gordon von Kaschgar gegen das Hochgebirge im Norden, um die erste Kette des Thian-Schan zu übersteigen. Wir folgen ihm und treffen sofort auf ganz neue Verhältnisse.[169]) Aus dem Löss der Niederung erhebt sich der niedere Artusch-Rücken, aus weichen, molassenartigen und wahrscheinlich neogenen Schichten gebildet. Wo das Längenthal des Artusch

sie durchschneidet, bilden sie ein Gewölbe; der südliche Schenkel neigt sich flach gegen die Ebene, der nördliche steiler gegen das Gebirge. „Wir konnten kaum unsern Augen trauen, schreibt unser Reisender, als wir durch die nächsten 22 (engl.) Meilen immerfort nur dieselben Artusch-Ablagerungen unter einem steilen Winkel nach Nord etwas in West geneigt antrafen."

Stoliczka schreibt diese Lagerung, wie Medlicott das Umbiegen der Vorlagen des Himalaya, einer Senkung des Gebirges zu; nach dem früher Gesagten dürfen wir wohl annehmen, dass die Erscheinung am Artusch der vorgeschobene Molassenstreifen sei, welcher, wie aufgewühltes Erdreich vor einem Gletscherrande, den Fuss des Thian-Schan in gleicher Weise begleitet, wie die Sewalik-Berge den Himalaya und unsere Molasse die Alpen.

Nach einer Unterbrechung erhebt sich nun die Koktankette; ihre Schichten fallen steil Nord oder stehen vertical. Zuerst traf Stoliczka Schiefer mit Kalklagen, weiterhin Kalkstein mit Megalodus triqueter, Spiriferina, Lithodendron, dann wieder viel vertical stehende Schiefer und Sandsteine, welche für paläozoisch gehalten werden. Am Südabhange des Thian-Schan wiederholt sich also eine Zone alpiner mesozoischer Kalke. Jenseits der paläozoischen Schichten fand Stoliczka etwas Sandstein von zweifelhaftem, wahrscheinlich jungem Alter und stets sich mehrende Zeichen einer nahen vulcanischen Ausbruchstelle, bis

jenseits des Lagers bei Kulja oder Bokumbaschi die Eruptionsstelle selbst erreicht wurde.

Auf der nach russischen Materialien bearbeiteten Karte des centralen Thian-Schan, welche im 42. Ergänzungshefte zu Petermann's trefflichen Mittheilungen enthalten ist, erscheint dieser Theil des Koktan mit dem Namen Kaschgar-Tau, und die Stelle des vulcanischen Ausbruches muss am Oberlaufe des Tojandi-Flusses,[170]) nicht weit unter dem Passe Tur-Agat am Süd-Abhange des Kurpe-Tau und oberhalb der Einmündung des Suekty gesucht werden.

Auf der Höhe und bis jenseits des Turug-Passes liegt, ein flacheres Plateau bildend, Geschiebe und Conglomerat. Eine nächste höhere Kette, Terek-Dagh, mit ostwestlichem Streichen besteht an ihrer Basis aus verticalen oder steil Nord etwas in West fallenden, scheinbar überkippten Lagen eines Kalkstein-Conglomerates von tertiärem Aussehen, dann folgen Schiefer und Kalkstein in steiler Stellung bis an den tiefer liegenden See Tschatyr-Kul. —

So weit, bis etwa unter 40° 40', hat uns Stoliczka geführt. Er hat in jugendlichem Eifer seine letzten Lebenskräfte an diese grosse Reise gewendet. Auf der Rückreise, bei dem Abstiege vom Karakorum waren sie erschöpft. Sein Grab steht in Leh in Ladak. Mit Wehmuth und Dankbarkeit gedenken wir seiner. —

Der See Tschatyr-Kul liegt bereits innerhalb der Grenzen des russischen Reiches, welche hier über den Pass Tur-Agat gezogen sind. Im Jahre 1867 war

Osten-Sacken mit der Expedition des Generals Poltoratzky von Norden her in diese Gegend gekommen und hatte auch den Pass überschritten, die vulcanischen Vorkommnisse scheinen jedoch nicht bemerkt worden zu sein.[171]) Osten-Sacken hat auf dem Taschrobat-Passe, welcher gegen Nordost sich über den Tschatyr-Kul erhebt, kieseligen Schiefer und harten Kalkstein angetroffen. Unsere Kenntniss dieser Strecke ist noch sehr lückenhaft.

Der Pass Taschrobat gehört den westlichen Theilen des grossen Zuges des Thian-Schan an, welchen gegen Nord die gewaltigen Umrahmungen des Issyk-Kul, insbesondere südlich von diesem See der Terskei Alatau und nördlich von demselben der transilenische Alatau folgen. Die Grundzüge des Baues dieser gewaltigen Gebirge sind uns bereits durch die bewunderungswürdigen Arbeiten von Semenow und Sewerzow bekannt.[172])

Aus diesen Arbeiten geht hervor, dass nur alte Massengesteine und Ablagerungen diese Hochgebirge zusammensetzen. Auf Granit, Syenit und Diorit folgen alte Schiefer, dann paläozoische Kalksteine, unter welchen der Bergkalk durch Versteinerungen nachgewiesen ist. Das jüngste Glied ist das Rothliegende in der Gestalt von rothem Sandstein und Conglomerat, stellenweise Salz und Gyps führend. Ein Zug von rothem Porphyr begleitet den Nordfuss der nördlichsten dieser Ketten, des transilenischen Alatau.

Mesozoische oder tertiäre Bildungen sind nicht bekannt; die Schichtfolge ist also etwa dieselbe, wie

am Kuen-lün oder wie, nach Richthofen, in einem grossen Theile des chinesischen Reiches.

Das Gebirge ist aus grossen Falten gebildet, deren Streichen beiläufig dem Streichen der einzelnen Ketten entspricht.

Die Hauptkette des Thian-Schan besteht nach Semenow aus zwei parallelen Axen von Granit und Syenit, von denen die südliche dem Hauptkamme des Gebirges, die nördliche dem Kamme einer parallelen Vorkette entspricht. Zwischen beiden erheben sich die paläozoischen Gesteine, synclinale Längsthäler bildend, zu bedeutenden Höhen. Von seinem Fusse wollen wir, nach Sewerzow's letzten Angaben, unser Profil gegen Nordost verfolgen. Wir beginnen am Naryn-Flusse, welchen gegen Süd eine Vorkette des Thian-Schan, der Tschakyr-Tau begrenzt. Dieser besteht aus Granit und Glimmerschiefer, der andere Abhang des Thales durchwegs aus gefaltetem Thonschiefer, welcher, stellenweise von dunkelviolettem Porphyr-Conglomerat überlagert, gegen Nordwest bis auf die Höhe des Sary-Tau reicht, wo am Passe Barskoum Syenit zu Tage tritt.

Von diesem Passe gegen den See Issyk-Kul hinab folgt zunächst Diorit, auch Serpentin, dann Bergkalk, welcher eine Synclinale bildet. Diese Synclinale ist zugleich das Längenthal, welches den Sary-Tau von dem nördlich folgenden Terskei-Alatau trennt, und der letztere entspricht dem Gegenflügel, so zwar, dass man Bergkalk mit entgegengesetztem Fallen, dann

Diorit, endlich Syenit findet. Unten, am Ufer des Issyk-Kul, wird Sandstein getroffen, welcher den kohlenführenden Schichten des Karatau zu vergleichen ist. Am Ostende des Issyk-Kul besteht die kleine Kette Kysyl-Kija aus rothem Thonsandstein; sie liegt etwa in der verlängerten Längenaxe des See's und in der Streichungslinie des Rothliegenden am Westende desselben, in der Boamschlucht und am Nordgehänge des Kirghizin-Alatau. Wir treten über den Santasch-Pass in das Gebiet des transilenischen Alatau. Dieser besteht aus Granit mit zwei oder mehreren durchstreichenden Zonen von steil aufgerichtetem oder muldenförmig eingebogenem Kalkstein, von welchen eine die Kette zwischen den Flüssen Tschilik und Dschanischke bildet.

Dem aus Granit bestehenden Nordgehänge des transilenischen Alatau ist endlich, wie schon erwähnt wurde, gegen Nord noch eine niedrige, aber lange Kette von Bergen und Hügeln vorgelagert, welche aus Porphyr bestehen. —

So haben wir das Flussthal des Ili, den Saum der semiretschenskischen Steppen erreicht.

Wer möchte bei so grossen Erscheinungen, bei der Lückenhaftigkeit der vorliegenden Erfahrungen und ohne zu den Glücklichen zu gehören, denen es vergönnt war, diese Hochregionen selbst zu betreten, sich nicht für verpflichtet halten, seine Meinung über den Aufbau dieser gewaltigen Gebirgszüge nur als eine bescheidene Vermuthung hinzustellen? Als eine

solche möchte ich denn auch den folgenden Vergleich betrachtet wissen.

Der Aussenrand der verschiedenen Hochgebirge ist sehr verschiedenartig. Wenn man in Nordamerika von Omaha nach Cheyenne, also den Plattefluss aufwärts, quer über die vorliegende Ebene gegen die Rocky Mountains reist, so erhebt man sich nach Hayden's Darstellung[173]) ganz allmählich von 900 Fuss zu der beträchtlichen Seehöhe von 5930 Fuss. Hier erst treten die Vorketten, wie Laramie Range u. a. als anticlinale Gewölbe hervor. Die tertiären Süsswasserbildungen der Ebene stossen dabei von ihnen mit nahe horizontaler Schichtung ab. Ganz anders ist es bekanntlich in den Alpen, welche den gestauten Streifen der Molasse in langer Curve vor sich her schieben. Himalaya und Thian-Schan schliessen sich in dieser Beziehung den Alpen an und die subhimalayischen Vorberge mit den Sewaliks vertreten für den ersteren, der Höhenzug am Artusch für den Thian-Schan die Rolle der aufgewölbten Molasse der Schweiz.

Vulcane sind an den Innenseiten dieser beiden grossen asiatischen Ketten eben so wenig bekannt als am Kuen-lün, wohl aber erscheint an dem nördlichsten Rande des transilenischen Alatau eine Kette von Porphyrbergen, und dieser dürfte eine ähnliche Stelle anzuweisen sein, wie den älteren vulcanischen Felsarten unserer Südalpen. Vielleicht gilt dasselbe von den Gabbro-Gesteinen, welche die Tsomoriri-Kette an dem Nordrande des Himalaya bilden.

Dagegen erscheinen mitten zwischen den Ketten des Thian-Schan jüngere vulcanische Bildungen; ihre etwaigen Beziehungen zu den vielbestrittenen Vulcanen der östlicheren Regionen sind aber noch ganz unbekannt und wir sind noch nicht in der Lage, ihre tektonische Bedeutung zu würdigen.

Der Kuen-lün besteht, soweit er bekannt ist, aus krystallinischen und paläozoischen Gesteinen. Er ist auf eine sehr bezeichnende Weise vom Südrande des Thian-Schan geschieden. Dieselbe Transgression der mittleren Kreide, welche in Brasilien und Texas erkannt worden ist, welche die Flächen von Nebraska und Kansas vor den Cordilleren Nordamerika's auszeichnet, welche man in Böhmen und im östlichen Galizien im Angesichte der Ostalpen und der Karpathen vorfindet und welche sich auf der ostindischen Halbinsel südlich vom Himalaya zeigt, wiederholt sich in den Steppen von Kaschgar und Yarkand im Angesichte des Aussenrandes des Thian-Schan, und trennt diesen vom Kuen-lün.

Nichtsdestoweniger lehrt uns Sewerzow, dass gegen West Thian-Schan und Himalaya sich nicht nur nähern, sondern dass durch Abgabe zahlreicher Nebenketten beide Gebirgszüge in eine einzige ausgedehnte Bergregion verschmelzen.[174])

Von welcher Art dieser Zusammenhang auch sein möge, Eines scheint mir heute schon über das Mass der Vermuthung hinaus ermittelt zu sein, und das ist, dass die grossen Hochgebirge Central-Asiens auch einseitig gebaut sind, wie jene Europa's und

Nordamerika's, dass aber bei ihnen die vorherrschende Bewegung der Massen nicht nach Nord, sondern, entsprechend der entgegengesetzten Beugung des allgemeinen Verlaufes der Gebirge, gegen Süd gerichtet ist.

Das bogenförmig sich mehr und mehr gegen Nordost wendende Streichen der Gebirgsketten des östlichen Asien entspricht diesem Ergebnisse sehr wohl. Auch hier haben die Bemühungen eines jener unternehmenden Männer, welche im Laufe des letzten Jahrzehntes unsere Kenntniss der Erdoberfläche so sehr erweitert haben, uns die Möglichkeit eröffnet, die Structur einzelner grosser Gebirgszüge zu vergleichen. F. v. Richthofen's Arbeiten sind allerdings bisher fast nur in der Form von Briefen an die Handelskammer zu Shanghai[175]) in die Oeffentlichkeit getreten, aber diese enthalten schon eine Fülle der wichtigsten Angaben.

Wir müssen, wenn die chinesischen Gebirgsketten als Fortsetzungen der westlichen Züge anzuschauen sind, ihre nördliche Seite als die innere, die südliche als die äussere, gefaltete voraussetzen, und das scheinbar gerade Streichen einzelner Züge stellt uns dann nur die Elemente der grossen nach Süd oder hier nach Südost convexen Curven dar, welche die asiatischen Ketten auszeichnen.

Richthofen's Reise von den Kohlenfeldern von Peking gegen Nord, quer über die gegen Nordost streichende hohe Nankukette, über die ebenfalls kohlenführende Region von Siuen-hwa, dann über die

Grenzkette nach dem Saume der Mongolei zeigt aber die Uebereinstimmung des Baues mit diesen Voraussetzungen. Von der Höhe der Nankukette südwärts blickend, vergleicht Richthofen die zackigen Kalkberge des Kohlenreviers mit den versteinerten Wogen einer vom Typhoon gepeitschten See; unter ihnen steigt mit einem Winkel von 45° der alte sinische Kalkstein hervor, welcher auf der Höhe des Nanku nahe horizontal liegt; sein Fallen ist am Nordabhange flach gegen Süd, so dass man absteigend in immer ältere Schichten gelangt. Es folgt abermals ein kohlenführendes Revier, jenes von Siuen-hwa, unter diesem kommen abermals ältere, insbesondere sinische Kalksteine hervor, an deren Stelle weiterhin in dem kühngeformten und wilden Grenzgebirge Gneiss und Granit treten. Unmittelbar nordwärts von diesem, in dasselbe eingreifend und sogar einzelne Gneiss-Inseln umgebend, tritt nun eine ausgedehnte Decke vulcanischer Gesteine hervor, welche den Untergrund des Weidelandes der Mongolei bildet.[176]) Wenn ich Richthofen's anschauliche Darstellung dieser Strecke richtig erfasse, so kommt den Lavafeldern der Mongolei dieselbe Stellung zu dem Grenzgebirge zu, wie den nordungarischen Trachyten, zu deren Erkenntniss Richthofen selbst so Vieles beigetragen hat, zu den Karpathen. —

Es ist jedoch meine Absicht nicht, jetzt die Vergleiche ähnlicher Art zu vermehren, oder Vermuthungen darüber auszusprechen, auf welche Art die ent-

gegengesetzten Richtungen der Gebirgswellen Central-Asien's und West-Amerika's aneinandertreten.

Das Gesagte reicht hin, um zu zeigen, dass die Bewegung der Massen in Nordamerika und Europa vorherrschend nach Nordwest, Nord oder Nordost, in Central-Asien aber vorherrschend nach Süd oder Südost strebt.

ACHTER ABSCHNITT.

Keine geometrische Anordnung der Gebirge. — Entstehung der Gebirge durch ungleiche Contraction. — Erhebung von Schweden. — Die Hüllen des Erdkörpers. — Die Erde als veränderlicher Stern.

Auf eine wie sonderbare Weise doch oft die Natur unseren Voraussetzungen widerspricht! Unwillkürlich suchen wir nach gewissen grossen Gesetzen in der räumlichen Anordnung der Gebirgsketten, in letzter Form vielleicht nach einem geometrischen Netze und einer bestimmten Altersfolge. Bald sehen wir, dass das Streichen der Gebirgsketten keineswegs nur in Parallelen zu grössten Kreisen erfolgt, sondern sogar ablenkbar ist durch Hindernisse; wir erkennen die häufige, wenn auch nicht ausschliessliche Bildung in Geosynclinalen, die Einheit grosser Falten-Systeme wie jenes der Alpen, die untergeordnete Rolle der Vulcane, die Fortdauer der gebirgsbildenden Kraft und ihre durch viele geologische Epochen andauernde Wirkung in einzelnen grossen Ketten. Nachdem wir auf ein geometrisches System verzichtet und die Einseitigkeit der Bewegung zugestanden haben, finden wir das gleichmässig vorherrschende Streben gegen Nord in zahlreichen für alt oder für jung gehaltenen Gebirgszügen

von den Cordilleren bis zum Kaukasus. Wir möchten ein Gesetz des Zuströmens der oberen Erdmasse gegen den Pol entwickeln. Auch dieses ist falsch. Weiter gegen Ost folgen einige Störungen im Meridian, dann wendet sich die bewegende Kraft in den mächtigen Hochgebirgen Inner-Asiens gegen Süd. So erhalten wir ein Bild des Antlitzes unserer Erde, welches gar nicht unseren Voraussetzungen von gesetzmässiger Schönheit, dafür aber wohl um so mehr der Wahrheit entspricht.

Es ist nun vor Allem nöthig, dass man sich gegenwärtig halte, wie gering doch die Dimensionen jener Runzeln der Erdoberfläche, welche wir Gebirge nennen, im Verhältnisse zum Durchmesser des Planeten sind.

Prüfen wir die angeführten Thatsachen, unter der einzigen Voraussetzung, dass eine ungleichförmige Contraction der Oberfläche des Planeten stattfinde.

Die einfachste Form der Gebirgsbildung besteht in einem Risse, welcher senkrecht auf die Contractionsrichtung läuft, der Fortbewegung des abgerissenen Stückes in der Richtung der Contraction und etwa noch in dem Hervortreten von vulcanischen Gesteinen an dem Risse. Dabei können Theile, welche sich gegenseitig entsprechen, zu beiden Seiten des Risses sichtbar bleiben. Beispiele solcher Gebirge sind das Erzgebirge, welchem im Karlsbader Gebirge und wohl auch in dem Porphyr von Teplitz Fragmente eines Südflügels an der Südseite der Spalte gegenüberstehen, und der Balkan.

Die zweite, häufigste Gebirgsform beginnt mit der Anlage einer quer auf die Contraction streichenden und in der Richtung der Contraction geneigten Hauptfalte; dann erst folgt in der Falte an der Linie der grössten Spannung der Riss. Hierauf wird durch das Andauern derselben Kraft wie im ersten Falle der nach vorwärts liegende Theil der Hauptfalte in der Richtung der Contraction weiter bewegt und thürmt derselbe vor sich die Sedimente in weiteren, untergeordneten Falten auf, während der nach rückwärts liegende Theil hinabsinkt und zwischen seinen Trümmern Vulcane hervortreten. Beispiele sind der appenninische und der karpathische Zweig des Alpen-Systems.

Es kann geschehen, dass eine solche Hauptfalte durch andere Massen in ihrer Bewegung nach vorne gehemmt, dass sie sogar abgelenkt wird und dass eine folgende Hauptfalte sich an ihre innere Seite anschmiegt. Neben vielen anderen Complicationen scheint es dieser Fall, welcher in den Ostalpen eintritt, mit sich zu bringen, dass vollständiger als sonst das Gewölbe der ersten Hauptfalte als eine sogenannte anticlinale Gebirgsaxe erhalten bleibt. Die einzelnen Hauptfalten mögen weiterhin, wo ihre Entwicklung eine freiere ist, divergiren und treten dann in einseitigen Aesten fächerförmig auseinander. Diess ist das Verhältniss der ungarischen Gebirgszüge zu den Alpen; der theilweise anticlinale Bau der ersten Hauptfalte geht hiebei in den Karpathen verloren.

Eine dritte Form entsteht dadurch, dass es gar nicht zur Entwicklung einer einzigen oder einiger weniger Hauptfalten kömmt, sondern dass sich eine grössere Anzahl paralleler Falten bildet, welche eine grössere Breite einnehmen, in der Regel aber auch mit einem steilen Bruche der Innenseite der innersten Falte endigen. In diese Gruppe gehören das Juragebirge, das Gebirge zwischen dem Taunus und dem belgischen Kohlenrevier und die Appalachien. In diesen Fällen fehlen vulcanische Eruptionen am Bruchrande. Man möchte vermuthen, dass sie von einer Bewegung seichterer Zonen der Erde herrühren. Uebrigens kömmt es auch in diesem wie in den vorhergehenden Fällen vor, dass auf verschiedene Weise und insbesondere durch Faltung von Sedimenten, welche einst transgredirend in schon bestehende Falten gelagert wurden, die lange Dauer oder das wiederholte Hervortreten derselben Kraft erkennbar werden.

Von dem Maasse und der genaueren Richtung der faltenden Kraft, von der Art des Widerstandes und insbesondere von der grösseren oder geringeren Sprödigkeit der zu faltenden Felsarten hängt es ab, ob die untergeordneten, secundären Falten sich überhaupt als solche erhalten, oder ob sie die Gestalt von Brüchen annehmen, die selbstverständlich auf Ebenen erfolgen, welche mehr oder minder steil von Aussen gegen das Innere des Gebirges geneigt sind und welche in den meisten Fällen nicht wahre Verwerfungen, sondern Ueberschiebungs-Ebenen sein müssen. Im östlichen Jura ist der Uebergang der

Axen überschobener Falten zu Ueberschiebungs-Ebenen bekannt; der Bau der Westalpen und der Pyrenäen mit ihren gewaltigen gegen das Innere des Gebirges gekehrten Bruchflächen erklärt sich auf diese Weise. Vielleicht ist in den nordöstlichen Kalkalpen dieser Fall häufiger als bisher vermuthet wurde. Auch die grossen im Streichen liegenden Verwerfungen der Appalachien im südwestlichen Virginien gehören wohl in diese Gruppe von Erscheinungen.

Die weiteren untergeordneten Abänderungen in dem Baue der äusseren Zonen, welche durch Stauung und Ueberschiebung des Aussenrandes, Verschiebung auf Querbrüchen, verschiedenartiges Hervortauchen oder Abbrechen der sogenannten Centralmassen, Einschaltung vulcanischer Ergüsse älterer und neuerer Zeit u. s. w. hervorgerufen wurden, erklären sich von Fall zu Fall aus dem Gesagten. In Bezug auf die Structur der Falten selbst besitzen wir erschöpfende Darstellungen durch Gressly und Rogers.

Die Richtung der Contraction scheint nun allerdings seit ausserordentlich langer Zeit in sehr ausgedehnten Regionen im Wesentlichen dieselbe geblieben zu sein; da die contrahirende oder sich faltende Masse jedoch keine homogene ist, sind wohl in manchen Gegenden grosse, bogenförmige Gebirgswellen entstanden, wie in den Karpathen, aber immer sind es doch nur Bogenstücke gewesen, welche gebildet wurden, und wo die Enden der Bogen aneinander treten, entsteht eine V-förmige oder W-förmige Structur des Landes. So ist es im nordwestlichen Schottland, so zwischen

den Pyrenäen und den Corbières, so in ausgezeichneter Weise in Böhmen und vielleicht darf man den gesammten Bau des nordamerikanischen Continentes auf diese Weise erklären.

Man kann deutlich erkennen, dass das ganze nördlich von den Alpen liegende Land weithin ebenfalls den Einfluss der grossen seitlichen Kraft erfahren hat. Ihre Wirkung tritt vom Böhmerwalde bis nach Schottland bald in nordöstlich, bald in nordwestlich streichenden Linien hervor und durch ihre wechselnde Aeusserung nach beiden sich kreuzenden Richtungen ist in manchen Theilen Böhmens ein förmliches Guilloché von Streichungslinien erzeugt worden.

Diese böhmische Masse mit den gekreuzten Streichungslinien ist nun der Entwicklung der nördlichen Hauptfalte der Ostalpen entgegengestanden und hat sie gehemmt und abgelenkt. Obwohl diese Ablenkung in eine ziemlich entfernte Zeit zurückzureichen scheint, ist doch auch noch später innerhalb der böhmischen Masse die Contraction wirksam gewesen, wie diess die Bildung des Erzgebirges zeigt, welche wahrscheinlich in die Zeit des Anthracotherium magnum fällt, dessen Reste aus den älteren Basalttuffen bekannt sind. —

Es können Fälle eintreten, in welchen die Amplitude der Hauptfalte so gross ist, dass es nicht zur Bildung einer Gebirgskette, sondern nur zu einer sogenannten continentalen Massenerhebung kömmt. Betrachten wir etwas näher den einzigen näher unter-

suchten Fall einer solchen Massenerhebung, nämlich die Bewegung der scandinavischen Halbinsel.

Seitdem es bekannt ist, dass etwa bei Södertelje, wenige Meilen Südwest von Stockholm, das Land stationär zu sein scheint, südlich von diesem Punkte aber sich senkt und gegen Norden bis zum weissen Meere sich je mehr und mehr erhebt, hat man diese Bewegung eine Schaukelbewegung genannt. Aber der südliche Arm des Hebels ist weitaus kürzer als der nördliche, nirgends tritt an der deutschen Küste ein Bruch ein.

Unter diesen Umständen muss man sich wohl vorstellen, dass die wahre Bewegung Scandinaviens die Gestalt einer sehr lang gezogenen Falte mit kürzerer concaver Gegenfalte im Süden hat, oder dass eine von der deutschen Küste über das Nordcap hinaus gezogene horizontale Linie im Laufe einer gewissen Zeit sich in ein sehr lang gezogenes ∽ verwandeln würde. Dann ist es aber nicht nöthig, eine besondere, von der gebirgsbildenden abweichende Kraft zur Erklärung vorauszusetzen, denn in einem homogenen Theile der Erde mag allerdings die nach Nord gerichtete Contraction, welche Europa auszeichnet, auch solche Bewegungen hervorrufen. Die ausserordentliche Verbreitung gewisser Meeresablagerungen ist, wie ich an dem Beispiele der mittleren Kreide gezeigt zu haben glaube, auch durch die ausgedehntesten Niveauveränderungen allein nicht zu erklären. —

Vielleicht bietet uns die Gegenwart noch eine weitere Form der horizontalen Bewegung und der aus ihr hervorgehenden Faltung der Oberfläche.

Die von Lyell und Anderen so nachdrücklich hervorgehobenen Hebungen im Runn of Cutch und insbesondere die Entstehung des „Gottesdammes" Allahbund bilden nach den bereits erwähnten Darstellungen Bartle Frère's[177]) eine der bisherigen Erklärungsweise gar nicht entsprechende Erscheinung. Hier scheint wirklich eine Welle der Oberfläche erzeugt worden zu sein, und so verschieden die Erscheinung von wahrer Gebirgsbildung ist, muss doch erwähnt werden, dass das Profil des Allahbund wirklich einer jener embryonalen Falten nicht wenig gleicht, welche nach meiner Ansicht als unentwickelte Gebirge gelten können, und dass die Richtung der Bewegung dieselbe ist, wie in dem kleinen einseitigen Gebirge, dessen Reste aus dem Runn of Cutch hervorragen. Die Vergleichung des Profiles des Allahbund mit jenem des Pays de Braye wird versinnlichen, was ich ausdrücken möchte. Es ist fast, als würde an dieser Stelle heute die faltende, Gebirge bildende horizontale Bewegung in Wirksamkeit sein und als bestünde der Aufthürmung grosser Gebirge gegenüber der Unterschied nur darin, dass hier die Bewegung eine seichte, auf die obersten Theile der Erde beschränkte und minder energische ist. Die Beobachtungen reichen aber noch nicht hin, um eine so weittragende Schlussfolgerung, wie sie allerdings durch Bartle Frère angedeutet ist, zu gestatten.

Die beiden letzten Fälle regen die schwierige Frage an, in welcher Tiefe denn wohl der Sitz dieser grossen Contraction sich befinde. Shaler hat dieselbe bereits vor einigen Jahren aufgeworfen, und fand in den sogenannten continentalen Falten Corrugationen der gesammten Erdrinde, in den Gebirgsketten dagegen nur Faltungen der äusseren Zonen in Folge der Contraction der tiefer liegenden Theile der Erdrinde.[178]) Es scheint, dass diese Ansicht, in so ferne man überhaupt von einer Erdrinde sprechen darf, der Wahrheit sehr nahe kömmt. Es ist kaum zu bezweifeln, dass horizontale Bewegungen in sehr verschiedenen Tiefen erfolgen können und erfolgt sind. In sehr grossen Tiefen müssen die Bewegungen stattgefunden haben, welche den Riss des Erzgebirges verursacht haben und die alten Felsarten der Alpen hervortreten liessen. Ebenso reichen gewisse Erdbebenlinien in grosse Tiefen hinab. Die Stauung und Ablenkung der Alpen gegen Nordost gehört einem höheren Horizonte an, einem noch höheren die Aufstauchung der Molasse. Die auffallende Neigung der grossen Falten unserer Kalkalpen nach auswärts erzeugt nicht selten den Eindruck, als hätten die oberen Schichten der Erde eine grössere Tendenz zur Bewegung nach vorne als die tieferen.

Man kann diese letzteren Erscheinungen immerhin als secundäre Folgen des Vorwärtsdrängens der ganzen Alpenkette ansehen. Aber daneben treten Spuren von Bewegungen auf, welche auf nur ganz seichte Verschiebungen hindeuten, so namentlich die

Falten der Insel Wight, des Pays de Braye, von Moën und Rügen, und in noch viel höherem Grade, in so ferne diese Erscheinung überhaupt hieher zu zählen ist, die Bildung des Allahbund.

Während die ganze erste Gruppe von Vorkommnissen sich aus einer Contraction der oberen Zonen des Planeten erklärt, ist es schwer, für diese seichten Bewegungen unmittelbar dieselbe Erklärungsweise eintreten zu lassen. Da aber, so weit wir solche Störungen ihrem Streichen und ihrer Verschiebungsrichtung nach kennen, diese mit den folgenden grossen Contractionsrichtungen übereinstimmen und im Londoner Becken die Steilseiten solcher Falten gegen Nord, im Runn of Cutch aber gegen Süd gerichtet sind, müssen wir wohl auch diese vorläufig als eine in ihren Einzelheiten noch nicht näher bekannte Abänderung der Aeusserungen einer und derselben Kraft ansehen.

Bei örtlichen Einsenkungen des abgewendeten, in Europa also des südlichen Gebirgstheiles mag durch den bewegenden Einfluss der Contraction auf den abgesunkenen Theil jene ausnahmsweise Ueberstürzung gegen Süd eintreten, welche in Val Sugana und an den Sette Communi beschrieben worden ist.

Für den Allahbund, welcher bekanntlich plötzlich, während eines heftigen Erdbebens, aus der beweglichen Masse der Oberfläche des Runn aufgeworfen wurde, möchte wohl noch zu untersuchen sein, ob er nicht nur der Heftigkeit eines Stosses seine Entstehung dankt. Gewiss sind einzelne Acte der

Aufrichtung unserer Gebirge plötzlich gewesen. Viele Erdbeben können mit Wahrscheinlichkeit als die Folgen einer localen Auslösung der stets vorhandenen und durch die Contraction erzeugten Spannung angesehen werden, und wohl mag bei einem solchen Stosse eine Welle der beweglicheren Oberfläche vorwärts geschnellt werden, deren Verlauf und Wölbung jener der grossen Gebirge gleichen wird.[179])

Den Einfluss einer etwaigen radialen Contraction des Erdkörpers habe ich keine Gelegenheit gehabt zu erkennen; ob er sich etwa in den andauernden Senkungen des äquatorialen Gürtels ausspricht, vermag ich nicht zu beurtheilen. Nicht einmal irgend eine Einwirkung der Rotation auf die Richtung der Contractionswellen verräth sich in dem Relief der Erdoberfläche.

Constant Prevost hat schon vor Jahren davor gewarnt, dass man von einer „Erhebung" der Gebirge spreche, da mit diesem Worte ältere Begriffe von radial aus dem Erdinnern gegen die Oberfläche wirkenden, erhebenden Kräften sich verbinden, welche in der Natur in keiner Weise zu erkennen sind. Was wir zu erkennen vermögen, ist nur ein Wechsel von ruhigen oder doch minder bewegten Theilen der Erdoberfläche und von solchen, in denen, wahrscheinlich durch die Contraction tieferer Zonen, grosse Falten-Systeme erzeugt wurden und vielleicht noch fortgebildet werden. An manchen Orten begrenzen sich solche Gebiete ziemlich scharf gegeneinander, wie am Nordrande der Ostalpen, in anderen scheint der

Uebergang ein allmählicher zu sein, wie im westlichen Nordamerika.

Diese stauenden Massen selbst sind aber von zweierlei Art. Europa gibt dafür ein deutliches Beispiel. Bald sind sie, wie in Böhmen, von aufeinander geschobenen und sich kreuzenden Gebirgszügen, Packeis vergleichbar, gebildet, bald bestehen sie aus einer weiten Fläche, deren Schichten, selbst die ältesten, ihre horizontale Lagerung beibehalten haben, wie in der grossen russischen Scholle, welche, wie wir früher sahen, in den tief eingeschnittenen Thälern der Zuflüsse des Dniester noch in unmittelbarer Nähe der Karpathen mit derselben flachen Lagerung der Schichten sichtbar wird.

Beide Arten von stauenden Massen sind in gleicher Weise durch die Lückenhaftigkeit der sedimentären Reihe, insbesondere durch das fast gänzliche Fehlen oder doch nur sehr unvollkommene Auftreten der Ablagerungen zwischen der permischen und der cenomanen Stufe und das Fehlen der älteren Eocänbildungen ausgezeichnet. Dieselbe Erscheinung wiederholt sich im nordöstlichen Afrika bis Palästina, in einem Theile der Vereinigten Staaten und den nördlicheren Theilen Nordamerika's mit dem arktischen Archipel und Grönland, ebenso in Brasilien, ebenso auf der indischen Halbinsel südlich von Cutch und den Hochgebirgen, und in anderen Gegenden.

Murchison erzählt gelegentlich[180]), er habe vor Jahren L. v. Buch sein Erstaunen darüber ausgedrückt, dass so weite Flächen wie Russland und Sibirien

mit Ausnahme des Ural frei seien von vulcanischen Eruptionen und Störungen jeder Art; L. v. Buch habe gemeint, es müsse eine grosse Tafel von Hypersthen oder irgend einer anderen alten vulcanischen Felsart in der Tiefe sich gebildet haben, welche spätere Unterbrechungen fernhielt. Diese Regionen sind es, welche ich als die in der Erstarrung weiter vorgeschrittenen, oder als die älteren Schollen bezeichnen möchte.

Die Vertheilung dieser älteren Schollen an der Erdoberfläche verräth eben so wenig ein geometrisches Gesetz, wie ihr Umriss, und doch ist ihre Anordnung entscheidend für die Form und den Verlauf der Falten, welche die Contraction der zwischen ihnen liegenden, biegsameren Theile der Erdoberfläche erzeugt. Diese biegsameren Theile sind in vielen Fällen einstige Geosynclinalen und sie werden durch ein ungleichförmiges, einseitiges Verziehen zerrissen oder in einseitige Falten gelegt, deren Vorderseite so wie die Convexität ihres etwaigen bogenförmigen Streichens in gewissen grossen Regionen der Erdoberfläche vorherrschend gegen Nord und in anderen Regionen ebenso vorherrschend gegen Süd gerichtet ist.

In so ferne könnte man daher die gesammte Gebirgsbildung als den Erstarrungsprocess der Erdoberfläche ansehen, der in seinen Formen bedingt ist durch die Vertheilung gewisser älterer Urschollen oder Archibolen. Das Wort „Erstarrung“ selbst bedarf allerdings einer kurzen Erläuterung. Es ist bereits erwähnt worden, dass keine Felsart als absolut starr

gedacht werden dürfe. Ich möchte sagen, dass, so wie die naturgemässe Erklärung der Bewegung der Gletscher erst möglich war, nachdem der Beweis geführt worden war, dass auch das Eis einen gewissen Grad von Viscosität besitze, so auch die grossen Bewegungen der Gebirgsmassen nur dann richtig aufgefasst werden können, wenn man die allerdings bei verschiedenen Felsarten sehr verschiedene, aber nie ganz fehlende Biegsamkeit derselben würdigt.[181])

Thomson hat aus den geringen täglichen Folgen der Attraction anderer Himmelskörper auf die Masse der rotirenden Erde gefolgert, dass diese der Hauptsache nach einen ausserordentlich hohen Grad von Sprödigkeit, grösser als jener des Glases, besitzen müsse.[182]) Eine solche Folgerung kann für alle oberen, bei der Gebirgsbildung betheiligten Zonen des Erdkörpers nicht zugestanden werden.

So wie man gelernt hat, die Sonne in eine Anzahl concentrischer Hüllen zu zerlegen, kann man wohl auch die Erde in Hüllen theilen, deren jede allerdings in vielfacher Verbindung mit der nächstfolgenden steht.

Die erste ist die Atmosphäre, die zweite die Hydrosphäre, die dritte die Lithosphäre.

Die Hydrosphäre gibt Dünste in die Atmosphäre ab, diese verdichten sich und kehren zurück. Die porösen Theile der Lithosphäre nehmen Wasser auf, lassen es circuliren und als Quellen wieder aufsteigen. Viel Wasser wird chemisch gebunden. Fortwährend werden lose Theile der Lithosphäre an tiefere Stellen

getragen und aus der Wechselwirkung der Hydrosphäre und Lithosphäre ist eine neue, wenn auch unvollständige Sphäre von geschichteten Felsarten als die oberste Lage der Lithosphäre entstanden.

Die Beziehungen der Lithosphäre zu den tieferen Regionen sind uns unbekannt. Hier ist die Grenze wohl noch weniger scharf. Man kann die inneren Regionen ihrer Schwere halber vorläufig als die Barysphäre bezeichnen.

Die Unebenheiten der Oberfläche der Lithosphäre und das unzureichende Volum der Hydrosphäre bringen es mit sich, dass die letztere unvollständig ist und durch diese Unvollständigkeit entsteht der Gegensatz von Meer und trockenem Land.

Eines scheint fremdartig auf diesem grossen, aus Sphären gebildeten Himmelskörper, nämlich das organische Leben. Aber auch dieses ist auf eine bestimmte Zone beschränkt, auf die Oberfläche der Lithosphäre. Die Pflanze, welche ihre Wurzeln Nahrung suchend in den Boden senkt und gleichzeitig sich athmend in die Luft erhebt, ist ein gutes Bild der Stellung organischen Lebens in der Region der Wechselwirkung der oberen Sphären und der Lithosphäre, und es lässt sich auf der Oberfläche des Festen eine selbständige Biosphäre unterscheiden. Sie dehnt sich jetzt über die trockene wie über die benetzte Oberfläche aus, aber die Entwicklungsfolge von Kiemen und Lunge lehrt, dass die benetzte Oberfläche ihr Ausgangspunkt gewesen ist. Die Kiemen-Anlage an dem Halse der menschlichen Frucht ist als eine bis

in das Dasein eines Jeden von uns heraufreichende Spur jener entfernten Zeit zurückgeblieben, in welcher die benetzte Oberfläche noch eine grössere, oder doch das Leben noch nicht auf das trockene Land emporgestiegen war.

Die Entwicklung und Verbreitung des organischen Lebens ist in hohem Grade abhängig gewesen von der Ausbildung der Oberflächen-Gestaltung der Lithosphäre. Die Gebirgszüge gehören nur der Lithosphäre an, und müssen ihren Grund in der ursprünglichen Bildung dieses Theiles des Planeten haben.

Man kann sich heute bereits eine annähernde Vorstellung von den Vorgängen bei der oberflächlichen Abkühlung eines glühenden Himmelskörpers machen. Die ersten Schollen bilden sich nicht nach erkennbaren geometrischen Gesetzen. Tacchini hat gezeigt, dass auf der Sonnenscheibe unregelmässige Felder entstehen, welche nur das Magnesium-Spectrum zeigt und dass diese wieder verschwinden. Zöllner und vor ihm Bullialdus haben die periodisch sich verändernde Leuchtkraft gewisser veränderlicher Sterne dem Vorhandensein dunkler Schlackenfelder und glühender Meere auf der Oberfläche des rotirenden und in der Abkühlung begriffenen Himmelskörpers zugeschrieben. Aehnlich ist wohl auch einmal der Zustand unseres Planeten gewesen und die in der Erstarrung vorgeschritteneren Regionen der Lithosphäre mögen uns heute als die letzten Denkmale jener fernen Zeit erscheinen, in welcher unsere Erde ein veränderlicher Stern gewesen ist.

ANMERKUNGEN.

[1]) Poggendorff's Annal. IX, 1827.

[2]) Transact. Cambridge phil. Soc. VI; Report Brit. Assoc. 1847 und an vielen anderen Orten.

[3]) Notice sur le Syst. des Montagnes, 1852. Tôme III, p. 1317.

[4]) eb. das. Tôme I, p. 91; II, p. 774; III, p. 1222.

[5]) eb. das. Tôme III, p. 1290.

[6]) z. B. Bull. Soc. géol. XI. 1840, p. 183 u. folg., Comptes-rendus T. XXXI, p. 437—444. 23. Sept. 1850, und an anderen Orten.

[7]) Magnan, Du mode de formation des montagnes; Matériaux pour une étude stratigr. des Pyrenées etc. Mém. Soc. géol. 2. Ser. X. 1874, p. 98 und folgend.

[8]) Observations on the Temple of Serapis, with remarks on certain causes which may produce Geological Cycles of great extent. Proceed. geol. Soc. 12th March 1833; II, 1838, p. 72. Quarterly Journal III, 1847, Proceed. p. 186—217.

[9]) Letter to Ch. Lyell, Fredhausen 20. Febr. 1836, Proceed. geol. Soc. II, 1838, p. 548; eben daselbst auch p. 596. Herschel meint, Mitscherlich oder Laplace hätten schon dieselbe Ansicht geäussert; ein Nachweis für diese Angabe ist mir nicht bekannt.

[10]) Americ. Journ. of Science and Arts. 3. Ser. Vol. IV u. V. in Uebereinstimmung mit älteren Arbeiten.

[11]) Manual of Geology, 2nd ed. 1875, p. 745 und folg.

[12]) Volcanic Energy; Philos. Transact. Vol. 163, Part I, 1874, p. 147—227.

[13]) Eben daselbst p. 156.

[14]) Saggio sulla Geol. dei Dintorni di Varese e di Lugano. Mem. Istit. Lomb. Ser. III, Vol. XI, 1870.

[15]) Osservazioni geol. sulla Val Trompia. Mem. Istit. lomb. Ser. III, vol. XI, 1870.

[16]) Ric. geol. sull' epoca dell' emersione delle rocce sienitiche del' Adamello. Mem. Istit. Lomb. Ser. III, Vol. XII, 1872.

[17]) Bull. Soc. géol. 2. Ser. XXVII, 1870, p. 578 und an and. Orten.

[18]) Mém. Soc. géol. 2. Ser. X, 1874, p. 27 und folg.

[19]) Bull. Soc. géol. XI. 1840, p. 186; ich weise hier auch auf Guillebot de Nerville's Aeusserung über die Granite des Mont d'Or und ihr passives Verhalten; Annales des Mines, 5. Ser. I, 1852, p. 160, 161.

[20]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XIX. 1867, S. 509 u. folg.

[21]) On the Denudation of South Wales; Mem. Geol. Survey of Gr. Britain, I, 1846, p. 315.

[22]) Eben daselbst, p. 221 und folg.

[23]) B. Studer, Couches en forme de C dans les Alpes, p. 15, 16.

[24]) Orographie du Jura Dôlois; Bull. Soc. géol. 1872, XXIX, p. 336.

[25]) Verh. d. Basl. naturf. Gesellsch. II, S. 348—389.

[26]) F. v. Hauer, Geol. Uebersichts-Karte d. öst. Monarchie, Bl. VI, Jahrb. 1868, XVIII. S. 13 u. an and. Ort.

[27]) Lory an vielen Orten, insbes. Bull. Soc. géol. 2. Ser. XXIII, p. 480; XXV, p. 215, 235; 3. Ser. I, p. 400 u. in der Descr. géol. de la Dauphiné.

[28]) Der Gebirgsbau der Alpen. 8°. Wiesbaden, 1865.

[29]) Geologie der Schweiz, I, S. 57; auch Gastaldi's Studii geol. sulle Alpi occidentali, I, in d. Mem. Comit. Geol. I, 1871.

[30]) Vierteljahresschrift d. Naturf. Gesellsch. in Zürich, XVI, 1871, S. 241—262.

[31]) Müller, Abnorm. Lagerungsverhältn. d. Basler Jura. Verhandl. d. Basl. naturf. Gesellsch. II, S. 374.

[32]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. XIX, 1869, S. 506 u. an viel. and. Stellen.

[33]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. XI, 1860, S. 154.

[34]) F. v. Hauer, Jahrb. d. geol. Reichsanst. XXIII, 1873, S. 73; für alle Einzelheiten verweise ich auf: F. v. Hauer u. Stache, Geologie Siebenbürgens, 8°, 1863, u. die zahlreichen Schriften unserer Reichsgeologen im Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst.

[35]) Böckh, Die geol. Verhältnisse des südl. Theiles des Bakony; Mitth. Jahrb. d. k. ungar. geol. Anst. Pest 1873 u. 1874.

[36]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1870, XX, S. 464.

[37]) Eb. das. 1869, XIX, S. 498.

[38]) F. v. Hauer eb. das. S. 509.

[39]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1873, XXIII, S. 295.

[40]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. XX, S. 365 u. S. 399.

[41]) Ueb. eine im Casp. Meere erschienene Insel; Mém. St. Petersb. VI. p. 45.

[42]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. S. 69 u. folg.; insb. S. 89.

[43]) Couches en. C; p. 15, 16.

[44]) Bull. Soc. géol. 1866, XXIII, p. 480.

[45]) Insbesondere in der Schrift: On some results of the Earth's contraction from cooling, im American Journ. of Science and Arts, Juni-Sept. 1873.

[46]) Dana, am angef. Orte, Conclusion, Punkt 8.

[47]) Denkschr. d. k. Akad. der Wissensch. XXXIV, 1874.

[48]) Geogn. Beschaffenheit d. Lipar. Inseln; Poggendorff's Annal. 1832, S. 85, Taf. IV.

[49]) On Volcanos, Geol. Magaz. 1875, p. 7.

[50]) Auch in den karpathischen Trachytstöcken ist z. B. von Stache eine Unterscheidung von radialen Spalten und einzelnen Eruptions-Punkten versucht worden. Jahrb. d. geol. Reichsanst. XXI, 1871, S. 414 u. folg.

[51]) The Natural-System of Volcanic Rocks; Mem. Californ. Acad. of Sciences, I, b. 1868, p. 81.

[52]) Insbesondere die Schrift: Dei Movimenti avvenuti dopo la deposizione del terreno pliocenico nel suolo della Toscana; Nuovo Cimento, Pisa, 1863.

[53]) Petermann's Mittheil. 1859, S. 92; für das Vorkommen auf dem Festlande: Stache, Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1872, S. 221.

[54]) Bolletino geologico, III, 1872, p. 315—324.

[55]) On the connexion of certain Volcanic Phenomena in South-America etc. Geol. Transact. 2. Ser. Vol. V. 1838, p. 619. vergl. Lasaulx, Erdb. v. Herzogenrath, 8°, Bonn, 1874, S. 133—147 für genaue Darlegung eines speciellen Falles.

[56]) Amtl. Bericht üb. d. XXXII. Vers. deutsch. Naturf. u. Aerzte in Wien, 1858, S. 1—6; vergl. Lipold, Jahrb. d. geol. Reichsanst. Bd. XVII, 1867. S. 411.

[57]) On the quaternary phenomena in the Isle of Portland; Quart. Journ. XXXI, 1875, p. 43.

[58]) Ueb. d. Lagerungsverhältnisse u. die Hebungsphaenomene auf Moen und Rügen; Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XXVI, 1874, S. 533.

[59]) On the great lava-flood of the West and the structure and age of the Cascade-Mountains; Americ. Journ. of Science and Arts, 3. Ser. VII, 1874, p. 168.

[60]) Eb. das. 3. Ser. IV, 1872, p. 467.

[61]) Journ. Roy. geograph. Soc. XL, 1870, p. 181.

[62]) Hr. Dana sagt die äusserste; es ist diess nur eine Verschiedenheit der Bezeichnungsweise.

[63]) B. Studer, Zur Geol. des Ralliger Gebirges. Mitth. d. naturf. Ges. Bern, 1871, S. 194.

[64]) Denkschr. d. Schweiz. naturwiss. Gesellsch. XVII, 1860, S. 129.

[65]) Hayden, Sixth Annual Report, 1873, p. 441 u. folg.

[66]) Bull. de la Soc. géol. 3. Ser. I, 1873, p. 406.

[67]) Baltzer, Der Glärnisch, S. 48.

[68]) Wolf, Jahrb. d. geol. Reichsanst. XIII, 1863, S. 581.

[69]) On the laws of the structure of the more disturbed zones of the Earth's crust; Geol. of Pensylvania, Vol. II, b, 1858, p. 901.

[70]) Beiträge zur topischen Geologie d. Alpen; Jahrbuch d. geol. Reichsanst. 1873, S. 162.

[71]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. VI, 1855, S. 809.

[72]) Geogn. Beschreibung d. ostbair. Grenzgebirges. 8°. Gotha, 1868, S. 488.

[73]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. VII, S. 186, 329.

[74]) Aus d. Schrift. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 4°, 1855, S. 23.

[75]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. XXI, 1873, S. 743.

[76]) On the arrangement of the foliation and cleavage of the rocks of the North of Scotland; Philos. Transact. 1852, p. 445, pl. XXIV.

[77]) Lossen, Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellsch. XX. 1868, S. 224.

[78]) Strombeck, Geogn. Karte von Braunschweig, Durchschnitte.

[79]) Die jurass. Weserkette; Zeitsch. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1857, S. 714.

[80]) Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. 1861, S. 149.

[81]) Eb. das. S. 202.

[82]) Verhandl. Rheinl. Westph. XIII, 1856, S. 331—410.

[83]) Dormoy, Bull. Soc. géol. 2. Ser. XIX, p. 28; Gosselet eb. das. 1873, 3. Ser. I, p. 410; derselbe in Mém. de la Soc. des siences de Lille, XI, 1873. p. 000.

[84]) Vergl. Profil an der Station von Dave, Bull. Soc. géol. 3. Ser. I, p. 414.

[85]) Burat, Géol. de la France, 8°. 1874, p. 319.

[86]) Ein gutes Beispiel der Ueberschiebungen im Pas de Calais findet man in Breton's Étude géol. du Sud de la Concession de Dourges; Mém. de la Soc. des Sciences de Lille, 3. Ser. XI. 1872, p. 368.

[87]) On the possible extension of the coal measures beneath the South-Eastern part of England; Quart. Journ. XII, p. 38—73; pl. I.

[88]) Eb. das. p. 62.

[89]) Transact. Geol. Soc. Vol. VII, 1845 -56.

[90]) Vergl. Profil bei Whitaker, The geology of the London Basin: Mem. Geol. Survey, 1872, IV, p. 376.

[91]) Manual of Geology, 1855, p. 445.

[92]) Whitaker, eb. das. p. 344; Prestwich in vielen vortrefflichen Schriften.

[93]) Whitaker, Quart. Journ. 1871, XXVII, p. 95; Profile auf Blatt 47 u. 56 der die geol. Specialkarte begleitenden Durchschnitte; ebenso in der neuesten Zeit Prestwich, Quart. Journ. XXXI, 1875, pl. I.

[94]) Bristow in den Noten zu E. Forbes' Schrift: On the tertiary fluvio-marine formation of the Isle of Wight; Mem. geol. Survey, Vol. III, 1856, p. 1333.

[95]) Bullet. de la Soc. géol. 1871. 2. Ser. XXIX, p. 231—238.

[96]) Eb. das. pl. I, Fig. 4.

[97]) Eb. das. p. 446—472 und 583—595.

[98]) Eb. das. p. 594.

[99]) Erdbeb. in Nied. Oesterreich; Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. XXXIII, 1874, S. 92.

[100]) Erdbeb. im südl. Italien; Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. XXXIV, 1875.

[101]) Aequivalente d. Rothliegend.; Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissenschaften. 1868.

[102]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. X, 1859, S. 331; XIV, 1864, S. 61, 89, 101, 114; XVII, 1867, S. 272, 289 u. an and. Ort.

[103]) Die wichtigsten sind: Cotta, Geogn. Wanderungen II, 8°, 1838 u. in neuester Zeit ein Aufsatz von Lenz in der Zeitschr. f. d. ges. Naturw. 2. Ser. I, 1870 S. 337 u. folg.

[104]) Jahrb. d. geol. Reichsanst. XIV, 1864, S. 492; Hauer eb. das. XIX, 1869, S. 28.

[105]) Explicat. de la carte géol. de la France, tome II.

[106]) Letzte Auflage des Manual of Geology, 1875, p. 748 u. folg.

[107]) Profil des Osterhorns; Jahrb. d. geol. Reichsanst. XVIII, 1868 S. 167 u. folg.

[108]) Geologie der Steiermark, 8⁰, 1871, S. 324 und an and. Stellen.

[109]) Studj paleontologici sulla fauna del Calcare a Terebratula janitor del Nord di Sicilia, III, 4⁰, Palermo, 1871, p. 34, tav. V, f. 15—22. Es scheint fast als umfasse diese verdienstliche Arbeit noch eine oder zwei Arten der Hierlatz-Schichten, wie z. B. Thecidea Billiemensis, welche zu Spiriferina angulata Opp. gehören dürfte. Rhynchonellina Seguenzae hat mit der eigenthümlichen Rhynchonella pedata Bronn die Einsenkung beider Klappen und das schaarenweise Vorkommen einer gefalteten und einer glatten Varietät gemein.

[110]) Flora Arctica III; Kreideflora d. arctischen Zone, in kongl. Svensk. Akad. Handling. XII, 1874, S. 26.

[111]) Verhandl. d. nat. hist. Vereins f. Rheinl. Westphal. 1849.

[112]) Haidinger's Mitth. d. Freunde d. Naturw. IV, 1848, S. 136.

[113]) Kreidebildungen von Texas, S. 24.

[114]) Quart. Journ. I, 1845, p. 55.

[115]) Heer, flora foss. arct. III, Vorrede. S. VI.

[116]) Judd, Quart. Journ. XXIX, 1873, p. 186.

[117]) Schöne Beispiele der Discordanz gibt Whitaker, Quart. Journ XXV, 1869, p. 153.

[118]) Laurent, Sondage à l'hopital Milit. de Rochefort. Bull. Soc. géol. XXI, 1863, p. 100.

[119]) Fr. Schmidt, Resultate der Mammuth-Expedition, Man. de l'Acad. imp. de St.-Petersbourg, 7. Ser., XVIII, 1872, Nr. 1; derselbe: Das Genus Lopatinia etc. Verhandl d. russ. Mineralog. Gesellsch. zu St. Petersb. VII, 1872, S. 279—289.

[120]) Mém. de la Soc. géol. de France. 2. Ser. III. 1849.

[121]) Quart. Journ. XXVIII, 1872, p. 85 u. folg.

[122]) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. IV, 1852, S. 143—161.

[123]) Sul' Cretaceo medio dell' Italia merid. Atti della Soc. Ital. X, 1867.

[124]) Ausser den älteren Arbeiten von Russegger und jenen von Figari Bey, besonders Duncan und Bauermann, Quart. Journ. XXV, 1868, p. 44; Ueber das Alter des nubischen Sandstein's welchen Unger in die permische Formation stellte, zu vergl. Tate, eb. das. XXVII, 1871, p. 404.

[125]) Fraas, Aus dem Orient, 8⁰, 1867, S. 40 u. folg.; Lartet, Géologie de la Palestine; Annales des sciences géol. I, 1869, p. 173—240.

[126]) Tate, On the Age of the Nubian Sandstone. Quart. Journ. XXVII, 1871, p. 406.

[127]) Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia, 8⁰, London, 1870.

[128]) Eb. das. p. 175.

[129]) Blanford, Sketch of the Geology of the Bombay Presidency; Records of the Geol. Survey of India, V, 1872 p. 83, 88; — Geol. of the Taptee and lower Nerbudda, Memoirs Geol. Surv. of India, VI, 1869, p. 163—385.

[130]) Godwin Austen, On the Gâro Hills, Journ. roy. geogr. Soc. Vol 43, 1873, p. 42; auch nach wiederholten Beobachtungen von Medlicott, insbes. in Geol. Sketch of the Shillong Plateau, Records geol. Surv. of India, II, 1870, Kreideversteinerungen, übereinstimmend mit jenen des Südens.

[131]) Oldham, Geology of the Central-Provinces, Records etc. IV. 1871, p. 69.

[132]) Geol. Survey of India, IV, 1865 pl. 11, auch Blanford, eb. das. p. 1—219.

[133]) Palaeontologia Indica. Cretaceous fauna of Southern India. III, 1871, p. 509.

[134]) Quart. Journ. XXVII, 1871, p. 60.

[135]) Quart. Journ. XXX, 1874, p. 572.

[136]) Baer und Helmersen, Beiträge z. Kenntn. d. russ. Reiches, XXV, 1868.

[137]) Ueber die Petrefacten der Insel Sachalin. Mém. Acad. d. sciences de St.-Pétersbourg, 7. Ser. XIX, Nr. 3, 1873. Helcion giganteus Schmidt, welchen Glehn zuerst als Exogyra angeführt hat (Baer u. Helmers. Beitr. XXV Berichtigungen, S. 304) scheint mir in der That der cenomanen Ostrea scyphax welche in Nord-Africa und Süd-Europa so häufig ist, überaus nahe zu stehen.

[138]) Indem diese Zeilen zur Presse gehen, erhalte ich Lesquereux's Monographie der Nordamerikanischen Kreideflora (Report of the Un. St. Geol. Survey, VI, 1874), welche eine lehrreiche Darstellung dieser Ablagerungen enthält.

[139]) Roemer, Die Kreidebildungen v. Texas, 8°, 1852.

[140]) Jenney, Amer. Journ. Sc. and Arts, 3. Ser. VII, 1874, p. 28.

[141]) Kinball, eb. das. 1869, p. 378; Geol. Survey of California, Gabb, Paleontology; Vol. II. p. 257.

[142]) Sawkins, Reports on the Geology of Jamaica, 8°, London, 1869, p. 26.

[143]) Hartt, Geology and physic. Geography of Brazil (auch unt. d. Titel: Agassiz, Scientific Results of a Journey in Brazil); 8°, Boston, 1870. p. 385, 555.

[144]) Saemann, Bull. Soc. géol. VII, 1850, p. 798.

[145]) Quart. Journ. XXIX, 1873, p. 187, 190.

[146]) Eb. das. p. 11.

[147]) Der Ural, 8°, Berlin 1873, S. 24.

[148]) Höfer, Petermann's Mittheil. 1874, S. 304.

[149]) Brief an F. v. Hauer v. 25. Nov. 1874. Verhandl. d. geol. Reichsanst. 1875, Nr. 2, S. 29.

[150]) Insbes. in der verdienstvollen Abhandlung im Quart. Journ. VII, 1851, p. 292—310.

[151]) Mem. Geol. Survey of India, III, 1864, p. 173.

[152]) Mem. Geol. Survey India, IX, 1872, p. 1—294; Waagen, Records of the Geol. Surv. of India, 1871, p. 89.

[153]) Quart. Journ. XXX, 1874, p. 65.

[154]) Mem. Geol. Survey of India IX, 1872, p. 331—350; für diese Zone auch Waagen, Rough section showing the relations of the rocks near Murree. Reports Geol. Survey of India, V, 1872, p. 15.

[155]) Eb. das. V, 1865, p. 1—154.

[156]) Wynne, an der oben angef. Stelle.

[157]) Journ. Asiat. Soc. Bengal, XXII, 1853.

[158]) Quart. Journ. XXX, 1874, p. 75.

[159]) Mem. Geol. Survey of India, III, 1864.

[160]) Quart. Journ. am angef. Orte.

[161]) Quart. Journ. XXIV, 1868, p. 34—52.

[162]) Noch weniger könnte ich der anderen Erklärung für die Ueberstürzung der subhimalayischen Schichten zustimmen, welche Medlicott neuerdings (Records etc. IV, 1873, p. 13) in einer sonst höchst anschaulichen Uebersicht der Geologie des Nordwestens, wenn auch nur als eine Vermuthung, ausgesprochen hat.

[163]) Waagen u. Wynne, am angef. Orte, p. 15.

[164]) Mem. Geol. Survey of India, V, 1865, p. 132—142.

[165]) Stoliczka, eb. das. V, Act. 4; p. 353.

[166]) Journ. Roy. Geograph. Soc. XVI, 1870, p. 33.

[167]) Hayward, eb. das. p. 36.

[168]) Quart. Journ. XXX, 1874, p. 571.

[169]) Quart. Journ. XXX, 1874, p. 574.

[170]) Kojandi bei Petermann, Tojan Stoliczka, Tojandi Hayward, Tojanda Osten-Sacken.

[171]) Journ. Geogr. Soc. XL, 1870, p. 262.

[172]) Im Nachfolgenden sind hauptsächlich benützt: Semenow, Erforschungsreise im Innern Asiens im J. 1857, in Petermann's Mitth. 1858, S. 350 bis 369, u. Sewerzow: im Journ. d. kais. Russ. Geogr. Gesellsch. für 1867, auch übersetzt, als: A Journey to the Western portion of the Celestial Range i. d. Journ. Roy. Geog. Soc. XL. 1870, p. 343—419 dann Sewerzow: Erforschung des Thian-Schan Gebirgssystem's in Peterm. Mitth. Ergänzungsheft Nr. 42, 1875; zu meinem Bedauern ist der zweite Theil des in russischer Sprache erscheinenden Reisewerkes dieses ausgezeichneten Forschers noch nicht veröffentlicht.

[173]) Prelimin. Report on Wyoming, 1871, p. 111.

[174]) Journ. Roy. Geogr. Soc. 1870, p. 399.

[175]) Zum grossen Theile mitgetheilt in Petermann's Mittheil. 1871—73, u. in d. Verhandl. d. geol. Reichsanst. v. denselben Jahren.

[176]) VII. Letter on the Provinces Chili, Shansi, Shensi, Sz'-chwan with Notes on Mongolia, etc. 4°, Shanghai, 1872; p. 10.

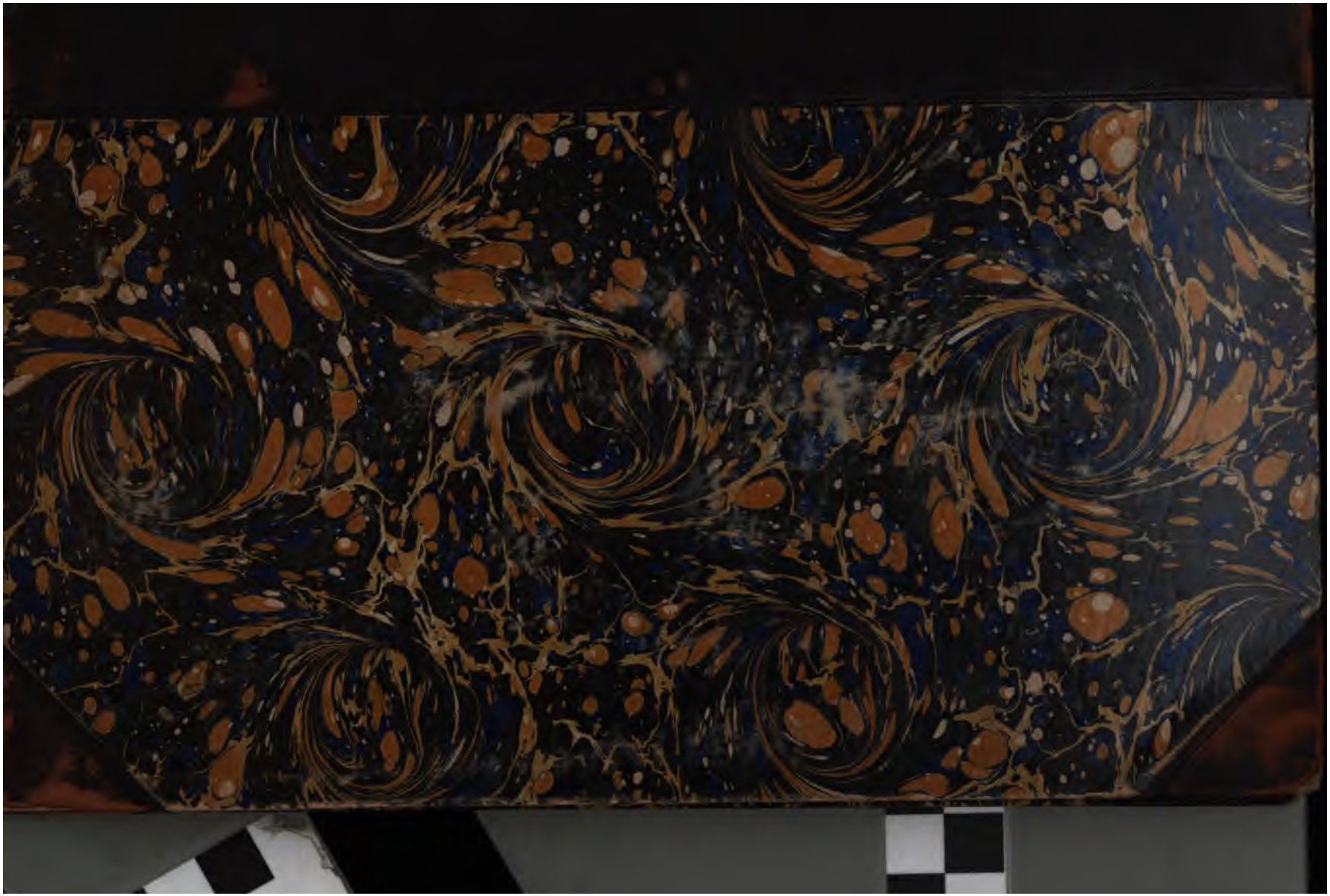
[177]) Journ. Roy. geogr. Soc. XL, 1870, p. 181—207; vgl. auch Wynne, Mem. Geol. Surv. India, IX, 1872, p. 38, Vorrücken des Allahbund.

178) On the formation of mountain chains; Geolog. Magaz. V, 1868, p. 511—517.

179) Bei dem calabrischen Erdbeben vom 1783 sind grosse Erdmassen horizontal vorwärts bewegt worden. Nicht alle jene heftigen Faltungen jüngerer Ablagerungen, welche da und dort mitten in Ebenen getroffen werden, lassen sich durch ein blosses Nachgleiten der Masse erklären; vergl. Mallet, Some remarks upon the movements of posttertiary and other discontinuous masses, Journ. Geol. Soc. of Dublin V, 1851, p. 121; Fuchs, Ueb. eigenthüml. Störungen, Jahrb. d. geol. Reichsanst., XXII, 1872, S. 309, u. A. Salter erkennt im Drift: Movements, similar in kind in less degree, to those, which produced our mountain ranges. Quart. Journ. XXII, 1866, p. 565; in diesem Falle scheint es sich allerdings um eine gleichzeitige Verwerfung der unterliegenden Kreide zu handeln.

180) Quart. Journ. XXV, 1869, p. 2.

181) Biegsamkeit überhaupt bespricht treffend Baltzer in seiner Schrift über den Glärnisch; das verschiedene Verhalten je nach der Sprödigkeit Hein, Vierteljahresschr. d. naturf. Gesellsch zu Zürich, XVI, 1871, S. 259.

182) On the Rigidity of the Earth; Proc. Roy. Soc. XII, 1863, p. 103.

Druck von Adolf Holzhausen in Wien
k. k. Universitäts-Buchdruckerei.